



المملكة العربية السعودية
وزارة التعليم العالي
جامعة أم القرى
كلية التربية
قسم الفيزياء

التعرف على التركيب البلوري لكبريتيدات الزنك والكادميوم
بواسطة الأشعة السينية

حلقة بحث

٠٠٢٤٧١

إشراف

الأستاذ الدكتور / سامي المنهراوى

إعداد

الطالب / محمود السيد أحمد جمعة



٤٧٥

١٤٠٢ - ١٤٠٣ هـ



قال الله تعالى في كتابه العزيز

"وقل رب زدني علما" (طه : ١١٤)

انظروا ماذا في السموات والارض" (يونس : ١٠٢)

شهد الله أنه لا اله الا هو والملائكة واولوا العلم قائما بالقسط لا اله الا هو
العزیز الحکیم" (آل عمران : ١٨)

"يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات والله بما تعملون
خبير" (المجادلة : ١١)

انما يخشى الله من عباده العلماء" ان الله عزيز غفور" (فاطر : ٢٨)



بسم الله الرحمن الرحيم

شكر وتقدير

الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على أشرف

المرسلين ، وبعد :

فيسرني أن أتقدم بخالص شكرى وتقديرى واحترامى
لسعادة الاستاذ الدكتور/ سامى المنهراوى لاشرفه على
هذا البحث واعطائه الكثير من وقته وراحته .

كما أتقدم بشكرى الخالص لسعادة الدكتور/ غالى
غازى البركاتى رئيس قسم الفيزياء لاهتمامه وتشجيعه .

كما أتقدم أيضا بالشكر الجزيل لكل من ساعد فى
هذا البحث حتى يخرج على صورته الحالية .

وأخيرا أدعو الله للجميع بدوام الصحة والتوفيق
وأن يجزيهم عنى خير الجزاء .

الفصل الاول

١	الاشعة السينية وحيودها
١	١-١ توليد الاشعة السينية
٨	١-٢ خواص الاشعة السينية
١٢	١-٣ حيود الاشعة السينية
٢٤	١-٤ طرق الحيود المختلفة المستخدمة عمليا
٢٤	أ - طريقة لاوى
٣١	ب - طريقة البلورة الدوارة
٣٣	ج - طريقة المساحيق

الفصل الثانى :

٤٢	٢-١ نبذة عن المواد المتفلورة (الفسفورات) من نوع كبريتيد الزنك
٤٦	٢-٢ بلورات الفسفورات من نوع كبريتيد الزنك
٥١	٢-٣ الهدف من حلقة البحث الحالية

الفصل الثالث :

٥٢	المواد والقياسات العملية
٥٢	٣-١ المواد المستخدمة فى البحث
٥٤	٣-٢ التحليل بواسطة الاشعة السينية
٥٦	٣-٣ البطاقات المرجعية للجمعية الامريكية لاختبار المواد وكيفية استخدامها

الفصل الرابع :

٦١	النتائج والمناقشة
٨٥	المراجع

” الملخص ”

—————

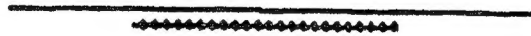
أجريت قياسات الحيود السيني على مساحيق من كبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بشائب الفضة بتركيز قدره ٠.١ ٪ بهدف التعرف على التركيب البلوري لها ومدى تأثيره بتغير نسبة تركيز (زك : كادك) في الشبكة البلورية . وتميز المواد المستخدمة بخاصيتها الاضائية وأهميتها الصناعية من حيث استخدامها في أغراض شتى من أهمها صناعة شاشات التليفزيون والاولوسكوب والرادار . وقد ظل تركيز شائب الفضة ثابتا في جميع العينات لكن زادت نسبة تركيز (زك : كادك) تدريجيا من (١٠٠ ٪ : صفر ٪) الى (صفر ٪ : ١٠٠ ٪) .

تكون مساحيق هذه المواد سلسلة متصلة من المحاليل الجامدة ذات تركيب بلوري من النوع السداسي وذلك في جميع الحالات التي يدخل فيها كبريتيد الكادميوم في الشبكة البلورية العائلة ويظل التركيب سداسيا دون تغيير مهما ازدادت نسبة تركيز كبريتيد الكادميوم في المادة الجامدة . ونظرا لان نصف قطر أيون الزنك مختلف عن نظيره لايون الكادميوم كما وأن العنصرين ينتميان الى نفس المجموعة في الجدول الدوري للعناصر لذلك تعتبر مساحيقهما من المحاليل الجامدة التعويضية .

وقد لوحظ وجود خطوط حيود سيني حادة في نماذج الحيود المقاسة عمليا لجميع المواد المستخدمة مما يشير الى أن هذه المواد على درجة عالية من التبلور وهذا مهم للغاية من وجهة نظر الظاهرة الإضائية حيث أنه من المعروف عمليا أن الإضاءة لا تبعث بكفاءة عالية من المادة المتفلورة عند إثارتها بالجسيمات المشحونة أو الفوتونات الا اذا كانت درجة تبلورها عالية .

وقد حسبت قيم ثوابت الشبكة البلورية (a e c) لجميع العينات وتمت دراسة تغير قيمها مع تغير نسبة تركيز (زكب : كادكب) في المحلول الجامد ووجد أنها تتبع قانون فيجاراد بمعنى أن تركيبها البلورى السداسى يظل ثابتا دون تغير عدداً تزداد نسبة تركيز كبريتيد الكادميوم فى العينة بينما تزداد قيمة متوسط المسافات بين الذرات خطيا مع زيادة التركيز.

وأخيرا فقد تبين من نماذج الحيوود عدم وجود أية تأثيرات تذكر لشائب الفضة عليها والذي يعمل كمنشط لظاهرة الإضاءة فى المواد المستخدمة حيث أن ثوابت الشبكة البلورية للعينات الحالية لم تختلف عن ثوابت الشبكة البلورية فى كبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة ذاتيا والتي لا تحتوى على أية شوائب منشطة مما يثبت أن ذرات المنشط تحتل بصورة غالبية مواقع بينية داخل المادة دون وجود روابط بينها وبين الذرات المنتظمة فى شبكة البلورة العائلة .



" الفصل الاول - "

" الاشعة السينية وحيود هـا "

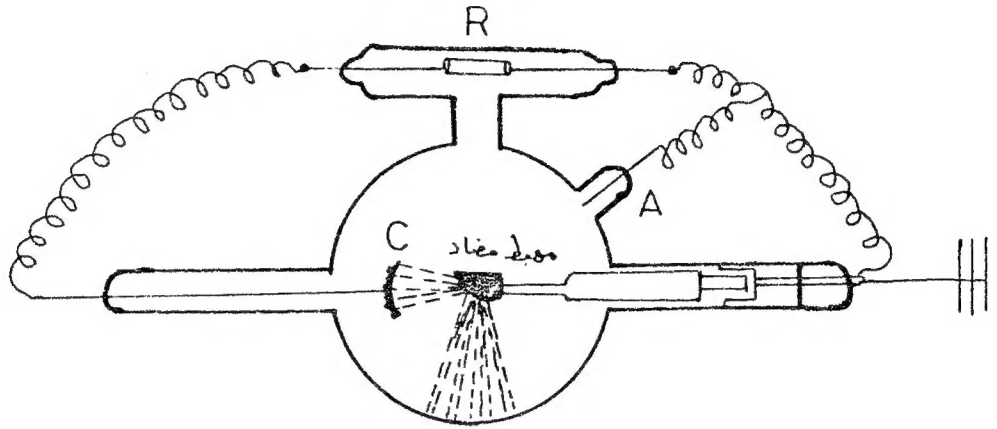
لعل اكتشاف الاشعة السينية فى نهاية القرن الماضى قد جذب انتباه عامة الناس أكثر من أى اكتشاف آخر على يد انسان . فلقد أثار اهتمام الناس قدرة هذه الاشعة على الرؤية من خلال المواد المعتمة للضوء العادى لدرجة جعلتهم يخشون أن يظهر بفضلها المرتدون لملا بسهم عراة أمامها . ولدى اختفاء هذه التأملات بدأ تقدير الناس للاشعة السينية وفائدتها فى جبر العظام المكسورة وسخرت الاشعة السينية بسرعة لهذا الغرض . ثم عرفت الكثير بعد ذلك عن خصائصها وتفاعلاتها مع المادة وطرق الكشف عنها والوقاية من أخطارها فاتسع تبعا لذلك مجال استخدامها فى أغراض شتى سواء فى البحث العلمى أو التشخيص والعلاج الاشعاعى أو التطبيقات الصناعية فى الكشف عن المواد وأختبارها .

(١ - ١) توليد الاشعة السينية :

=====

تكونت أنبوبة الاشعة السينية أول ما عرفت من التركيب الموضح فى شكل (١-١) وهو عبارة عن انتفاخ زجاجى مفرغ تماما من الهواء ومثبت بداخله مهبط مقعر (C) من الالومنيوم يعمل على تركيز أشعة المهبط على مهبط آخر مضاد ومقابل له مصنوع من التنجستون يعرف بالهدف ويميل بزاوية مقدارها ٤٥ درجة على مسار أشعة المهبط الساقطة عليه . أما المصعد (A) فهو عبارة عن قضيب من الالومنيوم موصل بالهدف من خارج الانبوبة وظيفته الاساسية هى العمل على ثبات واستقرار عملية توليد الاشعة السينية .

ونظرا لان أشعة المهبط تحدث تسخيناً هائلا فى الهدف عند سقوطها عليه فقد كان ضروريا أن يبرد المصعد بالماء أو الهواء حتى لا ينصهر من الحرارة الشديدة الناتجة من



شكل (١ - ١)

الانبوبة البدائية لتوليد الأشعة السينية •

القذف الالكترونى عليه .

تعمل الانبوبة بواسطة فرق جهد مسلط عليها تم توليده من ملف حث وتتراوح قيمته ما بين ألف ومائة ألف فولت . وعند استخدام جهود منخفضة ، فان الاشعة السينية المتولدة تكون بدورها صغيرة الطاقة نسبيا ، واذا ما اريد الحصول على أشعة ذات طاقات أعلى لزم استخدام جهود عالية لتشغيل الانبوبة .

فعند تشغيل هذه الانبوبة بصفة مستمرة لفترة زمنية طويلة متصلة يلاحظ أن الضغط بداخلها يبدأ في التناقص التدريجى مما يتسبب في حالات الجهود العالية في حدوث ظاهرة التفريغ الكهربى المعتادة حيث يمر الشرر الكهربائى بين المصعد والمهبط داخل الانبوبة وللتغلب على هذا العيب زودت الانبوبة بقضيب من الباليديوم يتم تسخينه بواسطة مصباح بنزن فيمتص القضيب بعض غاز الهيدروجين من اللهب ويتسرب الغاز بدوره الى داخل الانبوبة فيرفع الضغط بداخلها وفي بعض الحالات الاخرى زودت الانبوبة الرئيسية بأنبوبة أخرى جانبية (R) تحتوى على مادة الاسيستوس المسمى فاذا ما انخفض الضغط أثناء التشغيل الى الحد الذى تحدث معه ظاهرة التفريغ الكهربى تم تسخين الاسيستوس فيتسرب الغاز منه الى الانبوبة الرئيسية ليرتفع الضغط مرة أخرى بداخلها .

وبزيادة فرق الجهد الموصل بين طرفى أنبوبة الاشعة السينية تزداد تبعا لذلك عدد الالكترونات التى تقذف الهدف ويؤدى ذلك الى زيادة ملحوظة في فيض الاشعة السينية المتولدة كما تؤدى زيادة فرق الجهد أيضا الى زيادة مناظرة في سرعة الالكترونات المنطلقة نحو الهدف أى الى زيادة في طاقة حركتها ويتولد عن هذا أشعة سينية ذات أطوال موجية أقصر من تلك التى تتولد في حالات الجهود المنخفضة ، بمعنى اننا نحصل على أشعة سينية أكثر نفاذية وأعمق اختراقا للمواد . أى أن قوة الاختراق لهذه الاشعة تعتمد اعتمادا

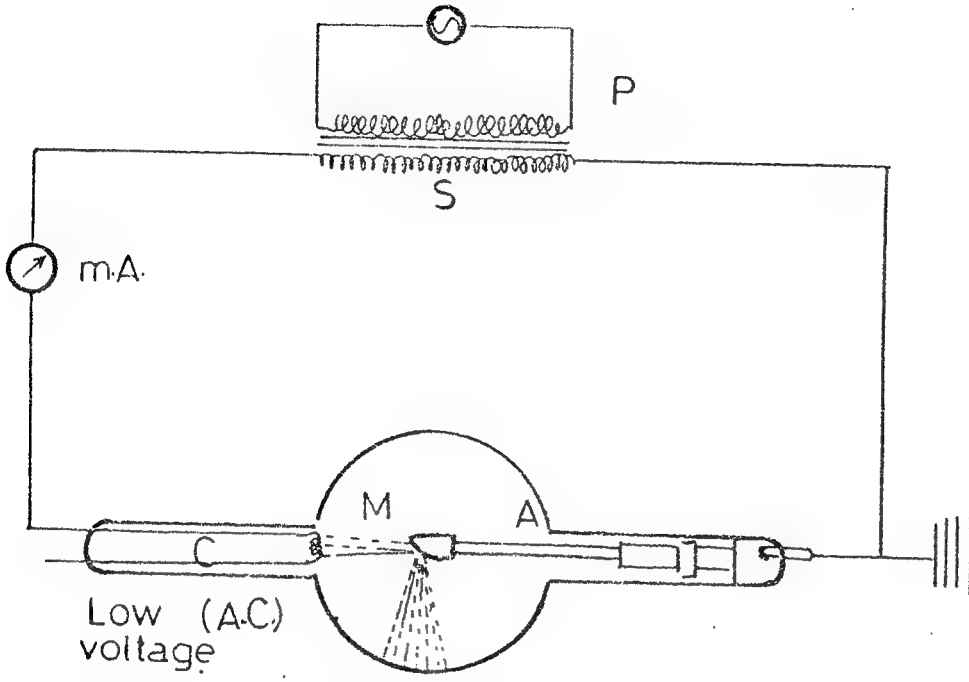
كلياً على فرق الجهد المستخدم في التشغيل وتغير بتغيره .

وفي هذه الانابيب القديمة لم يكن بالامكان التحكم في فيض الاشعة المتولدة أو قوة نفاذيتها كالأعلى حدة في نفس الوقت ولكي يتم هذا كان من الضروري ادخال بعض التعديلات على هذه الانابيب فيما أصبح يعرف لدينا الان بأنابيب الاشعة السينية الحديثة .

تعرف أنبوبة الاشعة السينية الحديثة بأنبوبة كوليدج (Coolidge Tube) — نسبة الى أول من أدخل التعديلات اللازمة على الانبوبة القديمة وتستخدم حالياً وعلى نطاق واسع في أغراض متنوعة من أهمها المجالات الطبية في التشخيص والعلاج ويوضح الشكل رقم (١ - ٢) تركيب هذه الانبوبة حيث يتكون المهبط من فتيل من التنجستون يتم تسخينه بواسطة تيار كهربائي فتنتقل من المهبط أعداد كبيرة من الالكترونات في اتجاه الهدف (A) وتعرف هذه الالكترونات بالايونات الحرارية (Thermions) .

وتعتمد سرعة هذه الالكترونات المطلقة اعتماداً كلياً على فرق الجهد المستخدم ما بين A ، C . ويحاط المهبط بغلاف من الموليبيدينوم M ذي جهد سالب بالنسبة لدائرة الفتيل يعمل على تركيز أشعة المهبط في بقعة صغيرة من الهدف (A) وإذا لم يوجد هذا الغلاف فمن المتوقع أن تنتشت الالكترونات في جميع الاتجاهات ولن يصل الى الهدف سوى جزء ضئيل منها . وتفرغ الانبوبة عادة من الهواء الى درجة لا تسمح بحدوث ظواهر التفريغ الكهربى داخلها في حالة الضغط المنخفض أو تأين الغاز الموجود بها في حالات الضغوط المرتفعة نتيجة لتصادم الالكترونات بجزيئات الهواء في فراغ الانبوبة . ويشترط في الهدف المستخدم في أنبوبة كوليدج أربعة شروط لكي يكون صالحاً للاستخدام

كهدف وهى :



شكل (١ - ٢)

الانبوبة الحديثة لتوليد الأشعة السينية •

(أ) أن يكون وزنه الذرى عاليا حتى تتولد أشعة سينية ذات نفاذية كبيرة .

(ب) أن تكون درجة انصهاره عاليا لئلى يتحمل فعل الحرارة الشديدة التى تنشأ فيه نتيجة لتصادم الالكترونات معه حيث تتحول معظم طاقاتها الى حرارة تتوزع فى الهدف بينما يستغل جزء ضئيل منها فى عملية توليد الاشعة السينية .

(ج) أن يكون الهدف موصلا جيدا للحرارة الى درجة تسمح له بالتخلص من الحرارة المتولدة فيه بتبريده بالماء أو بالهواء .

(د) أن يكون له ضغط بخار منخفض عند درجات الحرارة العالية وقد ثبتت صلاحيته معادن التنالوم والبلا تين والتنجستون كأهداف داخل هذه الانابيب نظرا لتوافر معظم الشروط السابقة فيها لكن من الثابت أن التنجستون أفضلها فى استيفائه لكل الشروط المطلوبة ولذلك يستخدم حاليا على نطاق واسع فى معظم أنابيب الاشعة السينية الحديثة ، وفى هذه الحالة تثبت كتلة كبيرة نسبيا من هذا المعدن على قضيب نحاسى سميك بحيث يميل وجه الهدف المقابل للشعاع الالكترونى . الساقط عليه بزاوية مقدارها ٤٥ درجة ويمكن التخلص من الحرارة المتولدة فيه بواسطة تبريده بالماء .

وقد تبين أيضا أنه عندما يزداد فرق الجهد المستخدم بين المهبط والهدف تتزايد تبعاً لذلك سرعات الالكترونات المنطلقة نحو الهدف مكتسبة بذلك طاقات عالية ، ونتيجة لهذا تتولد أشعة سينية ذات قوة أختراق كبيرة . لهذا فقد أصبح بالامكان فى الانبوبة الحديثة أن نتحكم فى جودة (quality) الاشعة السينية المتولدة عن طريق التحكم المباشر فى جهد الانبوبة .

ونظرا لان عدد الالكترونات المنبعثة من الفتيـل يتناسب طرديا مع درجة حرارته
وهذه الاخيرة يمكننا التحكم فيها بواسطة التيار الكهربى المار فى دائرة الفتيـل
لذلك أصبح ممكنا أن نتحكم فى فيض الاشعة السينية المتولدة بتغيير تيار الفتيـل •

لهذا كله تمتاز الانبويه الحديثة عن مثيلتها القديمة من حيث امكانية التحكم
فى كل من فيض الاشعة السينية ودرجة جودتها (قوة نفاذيتها) كلا على حده فى نفس
الوقت وهو ما لم يكن ممكنا فى أنابيب الاشعة السينية القديمة •

(١ - ٢) خواص الاشعة السينية :

=====

للاشعة السينية خواص متعددة يمكن تلخيصها في تسع نقاط رئيسية

كما يلي :

(١) لا تنحرف هذه الاشعة عند مرورها في مجال مغناطيسي أو كهربى ، وهى خاصة تميزها عن أشعة المهبط وتشير الى أن الاشعة السينية ليست جسيمات مشحونة وانما هى اشعاع كهرومغناطيسى .

(٢) لهذه الاشعة قوة نفاذية عالية اذا يمكنها اختراق العديد من المواد الصلبة التى لا ينفذ منها الضوء العادى مثل الخشب والانسجة الحوية والشرائح المعدنية الرقيقة . وتعتبر هذه الخاصية بشكل عام من أهم ما يميز الاشعة السينية . ويتوقف سمك ما تخترقه الاشعة السينية من أى مادة على كثافتها فتزداد نفاذية الاشعة كلما صغر الوزن الذرى للمادة . وعلى ذلك فان رقائق الالمونيوم أكثر شفافية للاشعة السينية من رقائق الرصاص المساوية لها في السمك . وتتناقص شدة الاشعة السينية بعد اختراقها لسمك معين (dx) من المادة وفقا للمعادلة

$$\frac{dI}{I} = - \mu dx \quad (1)$$

حيث (dI) هو مقدار النقص في شدة الاشعة (I) نتيجة اختراقها للسمك (dx) أما المقدار (μ) فيسمى معامل الامتصاص الخطى . وتدل الاشارة السالبة على أن زيادة السمك يصاحبه دائما نقص في شدة الاشعة .

وتتكامل المعادلة السابقة نحصل على :

$$I = I_0 e^{-\mu x} \quad (2)$$

ويمكننا كتابة هذه المعادلة بدلالة معامل الامتصاص الكلى لتأخذ الصورة :

$$I = I_0 e^{-\mu_m (\rho x)} \dots \dots \dots (3)$$

حيث μ_m هو معامل الامتصاص الكلى ويساوى معامل الامتصاص الخطى (μ) مقسوماً على كثافة المادة (ρ) ، وهو ثابت للعنصر الواحد ويعبر عن جزء شدة الأشعة السينية الذى يمتصه جرام واحد من العنصر من اشعاع مقطعة وحدة المساحات بينما يتوقف معامل الامتصاص الخطى على كيفية رص ذرات العنصر فى المادة التى تخترقها الأشعة .

(٣) يمكن لهذه الأشعة أحداث الظاهرة الفلورية فى عدد كبير من المواد المتفلورة مثل كبريتيد الزنك أو الكاديوم .

(٤) لها تأثير قوى على الألواح الفوتوغرافية والأفلام الحساسة وهى فى ذلك أقوى تأثيراً من الضوء العادى .

(٥) لها قدرة على تأيين الغازات التى تمر فيها ، كما أن بإمكانها تحرير الإلكترونات من بعض المعادن عند سقوطها عليها فيما يعرف بالتأثير الكهروضوئى (Photoelectric) .

(٦) تنتشر الأشعة السينية فى الفراغ فى خطوط مستقيمة وبسرعة الضوء ، أى بسرعة مقدارها 3×10^8 متر / ثانية .

(٧) تتكون — مثل الضوء — من موجات كهرومغناطيسية لكن أطوالها الموجية قصيرة جداً ، كما أنها تتبع نفس قوانين الانعكاس والانكسار والتداخل والحيود والاستقطاب التى يتبعها الضوء المرئى وقد ثبت كل ذلك عملياً ، وسوف نتعرض لظاهرة الحيود بالتفصيل فيما بعد لاهميتها فى حلقة البحث الحالى .

(٨) الاشعة السينية تأثير مدمر على الانسجة الحية ، فعندما يتعرض الانسان لجبرعات كبيرة منها يلاحظ احمرار الجلد والتهابه في الحال . واذا ما أستمر التعرض لجبرعات تفوق القيم المسموح بها دوليا فان مثل هذا التعرض يتسبب في الاصابة بالاورام الخبيثة كسرطان الدم ، كما ينتج عن ذلك أيضا قصر في فترة حياته ، وقد تصيبه بآثار وراثية خطيرة تنتقل منه الى أجياله المقبلة .

(٩) عندما تسقط الاشعة السينية على مادة ما تتولد داخل هذه المادة عدة ظواهر فيزيائية معقدة الى حد ما ينتج عنها ما يعرف بالاشعاعات الثانوية والتي تتكون من ثلاثة أنواع هي :

أ - الاشعة السينية المستطارة : ولها نفس طبيعة الاشعة السينية الاولى الساقطة على المادة المتسببة في حدوث ظاهرة الاستطارة كما أن لها نفس الطول الموجي للاشعة الاولى . ومن الجدير بالذكر أن خصائص الاشعة الثانوية المستطارة لا تعتمد على طبيعة المادة التي حدثت فيها ظاهرة الاستطارة .

ب - الاشعاعات الجسيمة : والتي تتكون أساسا من الالكترونات الناتجة من الظاهرة الكهروضوئية ولا تعتمد خواص هذه الجسيمات على طبيعة المادة التي حدثت فيها ظاهرة الاستطارة ولكنها تعتمد بالدرجة الاولى على جودة الاشعة السينية وقوة نفاذيتها .

ج - الاشعة السينية المميزة : وأطوال موجاتها اما مساوية أو أقصر من الطول الموجي للاشعة السينية الاولى وهي مميزة للمادة التي سقطت عليها الاشعة السينية الاولى ولا يعتمد الطول الموجي للاشعة

المميزة الصادرة من مواد ذات أوزان ذرية عالية تكون أقصر من مثيلاتها المتولدة
في مواد ذات أوزان ذرية أقل بمعنى أنها تكون أشد نفاذية واختراقاً في الحالة
الأولى عنها في الحالة الثانية وتعطى كل مادة في العادة مجموعات معينة من هذه
الاشعة المميزة تتكون من سلسلة أو أكثر يرمز لها بالحروف K ، L ، M ... الخ
كما نجد أن الأطوال الموجية للاشعة المميزة داخل نفس مجموعة K ... مثلاً
في حالة عنصر ذي وزن ذري عال تكون أقل من مثيلاتها لنفس المجموعة " K " للعناصر
ذات الأوزان الذرية الأصغر.

(١ - ٣) - حيود الأشعة السينية :
=====

في عام ١٩١٢ تمكن وليم براج من ابتكار طريقة جديدة لدراسة حيود الاشعة السينية وبدلا من أن يلاحظ أثر مرور الاشعة السينية خلال بلورة ما فقد نظرفسى كيفية استطارة هذه الاشعة من قبل الذرات المصطفة داخل البلورة . وعند سقوط موجات الاشعة السينية على سطح بلورة ما فان كل ذرة داخلها تصبح مصدرا لاشعة سينية مستطارة أى مركزا لموجات مستثارة وبصورة عامة تتداخل هذه الموجات تداخلا هداما لانها تسقط على بعضها البعض بصورة عشوائية ويمكن لهذه الموجات أن تجتمع بحيث تقوى بعضها بعضا اذا تحقق شرطان :

أولا : أن تتداخل جميع الموجات تداخلا هداما الا في الاتجاه العمودى على سطح البلورة
===== والواقع فى المستوى الحاوى للاشعة السينية الساقطة عليهما وأن تصنع الاشعة السينية المنعكسة (المرتدة) زاوية مع سطح البلورة تساوى الزاوية التى تصنعها معه الاشعة السينية الساقطة ، وهذا هو نفسه شرط انعكاس أشعة الضوء العادى والذى ينص على تساوى زاوية السقوط مع زاوية الانعكاس لكن ظاهرة الحيود تختلف عن ظاهرة الانعكاس فى ثلاثة نقاط رئيسية :

(١) يتكون شعاع الحيود فى بلورة ما من الاشعة المستطارة بواسطة جميع ذرات البلورة التى تقع فى مسار الاشعة الساقطة بينما يحدث انعكاس الضوء المرئى من طبقة سطحية رقيقة فقط .

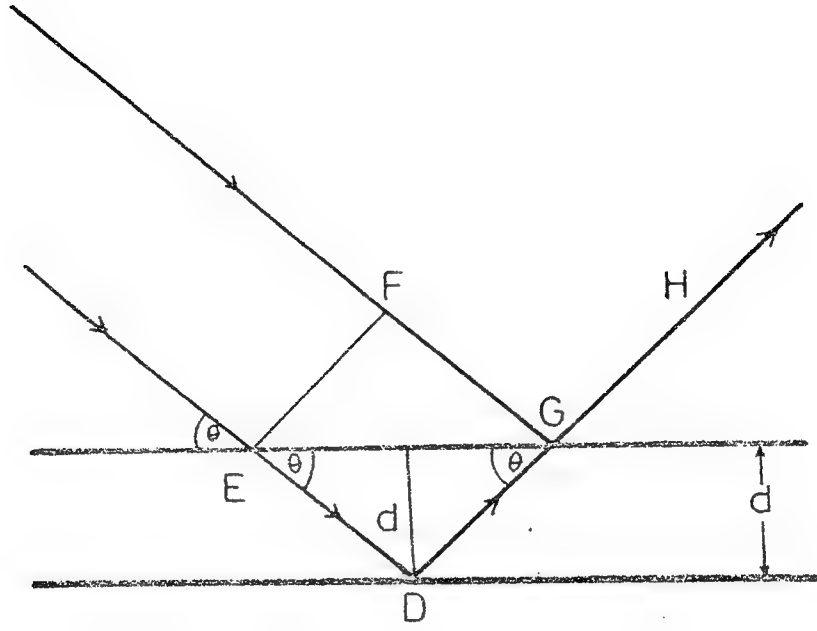
(٢) ينعكس الضوء المرئى عند سقوطه بأى زاوية ، بينما نجد أن حيود الاشعة السينية - أحادية الطول الموجى لا يحدث الا عند زوايا سقوط معينة يتحقق عندها قانون براج .

(٣) اذا سقط الضوء المرئى على مرآة جيدة خالية من العيوب فانه ينعكس بكفاءة قد تصل الى ١٠٠% بينما نجد أن شدة الشعاع السينى بعد حيوده تقل كثيرا عن شدة الشعاع السينى قبل سقوطه على البلورة .
وبالرغم من هذه الاختلافات الاساسية بين الحيود والانعكاس فمازال استخدام تعبيرات مثل " المستويات العاكسة " و " الاشعة المنعكسة " شائعة في وصف ظاهرة الحيود علما بأن المقصود بالفعل هو " مستويات الحيود " و " الاشعة المبعثرة أو المستطارة " .

وبالرغم من أن هذه التسميات الشائعة غير صحيحة علميا — الا اننا سوف نستخدمها في حلقة البحث الحالية أسوة بالآخرين .

ثانيا : أما الشرط الثانى اللازم تحقيقه فهو أن تتداخل الانعكاسات على الطبقات المتتالية في البلورة تداخلا بناءا وهو شرط يفرض قيودا على أطوال الموجات السينية الستى
يمكن لها أن تنعكس على بلورة يفصل بين طبقاتها بعد مقداره (d) .

يبين الشكل (١ — ٣) سلسلة من ثلاث طبقات (مستويات) لبلورة حيث تسقط موجة الاشعة السينية من اليسار من أعلى وبحيث يصنع صدر الموجة (ef) مع سطح البلورة زاوية (θ) عند " E " وطبقا للشرط الاول فان شعاع الاشعة السينية اذا أتيح له أن ينعكس فانه يجب أن ينعكس باتجاه اليمين والى أعلى بحيث يصنع زاوية " θ " مع السطح . يمثل (CD) فى الشكل الاشعة السينية المنعكسة عند المستوى (A) . يلاحظ أن الاشعة المنعكسة على الطبقات (المستويات) الداخلية سوف تقطع مسافة أكبر من تلك التى تقطعها الاشعة السينية المنعكسة على المستوى الاول أو الطبقة الاولى وعند النقطة (G) اذا كان الموجات المنعكسة



شكل (١ - ٣)

حيود الاشعة السينية في الطبقات البلورية كما تصورها بـ

من المستويات الذرية متعائلة في الطور فانها ستقوى بعضها بعضا أما اذا كانت أطوارها متضادة (متعاكسة) فانها ستلاشى تأثير بعضها بعضا ولن نحصل في هذه الحالة على شعاع سيني منعكس .

ولكن تقوى الانعكاسات التي تحدث على المستوى الثاني (الطبقة الثانية) تلك الانعكاسات الحادثة على المستوى الذي فوقها والمستويات التي تحتها - أى لى يكون - التداخل بناء - فانه يجب أن تساوى هذه المسافات الاضافية أضعافا صحيحة من طول موجة الاشعة السينية .

بمعنى أن فرق المساربين الموجتين المنعكستين من أى مستويين بلوريين يجب أن يكون مضاعفا صحيحا للطول الموجى (λ) أى مساويا للمقدار $(n\lambda)$ حيث n عدد صحيح يعرف برتبة الطيف ويساوى ١ ، ٢ ، ٣ ، ٤ ، ٥ ، ٦ ، ٧ ، ٨ ، ٩ ، ١٠ ، الخ .

واذا مارسنا (DM) عموديا على المستوى (A) فان (DM) سوف يساوى البعد (d) بين كل مستويين متتاليين ويصبح فرق المساربين مساويا للمقدار $[(ED+DG) - FG]$.
لكن من هندسة الشكل نجد أن :

$$\frac{DM}{ED} = \sin \theta$$

$$\therefore ED = \frac{DM}{\sin \theta} = \frac{d}{\sin \theta}$$

حيث تمثل (d) المسافة الاساسية بين المستويات وتسمى عادة بالفاصل الشبكي الرئيسى . وبالمثل :

$$DG = \frac{d}{\sin \theta}$$

$$EG + DG = \frac{2d}{\sin \theta} \dots \dots \dots (1)$$

كذلك :

$$FG = EG \cos \theta$$

$$= (EM + MG) \cos \theta \dots \dots \dots (2)$$

حيث أن :

$$EM = d \cot \theta$$

$$MG = d \cot \theta$$

$$\therefore FG = 2d \cot \theta \cdot \cos \theta$$

$$= 2d \frac{\cos^2 \theta}{\sin \theta} \dots \dots \dots (3)$$

ويمكننا الآن كتابة قيمة فرق المسار حيث سيصبح مساويا للمقدار :

$$\frac{2d}{\sin \theta} - \frac{2d \cos^2 \theta}{\sin \theta} = \frac{2d}{\sin \theta} (1 - \cos^2 \theta) = 2d \sin \theta \dots (4)$$

فإذا كان فرق المسار يساوى أضعافا صحيحة من الطول الموجى بمعنى أن :

$$2 d \sin \theta = n \lambda \dots \dots \dots (5)$$

فان الأشعة السينية سوف تقوى بعضها بعضا عند θ ونحصل فى هذه الحالة على

أقصى شدة لها .

وعندما تكون رتبة الطيف (n) تساوى الواحد الصحيح فاننا سوف نحصل على الرتبة

الاولى له ، أما اذا كانت $n = 2$ فاننا نحصل على الرتبة الثانية له وهكذا .

وتشبه ظاهرة الحيود هذه فى عمومها محزوز الحيود الضوئى حيث تعمل المستويات

المتوازية المختلفة فى البلورة مثل الخطوط فى محزوز الحيود الضوئى ، ويبدو من المعادلة

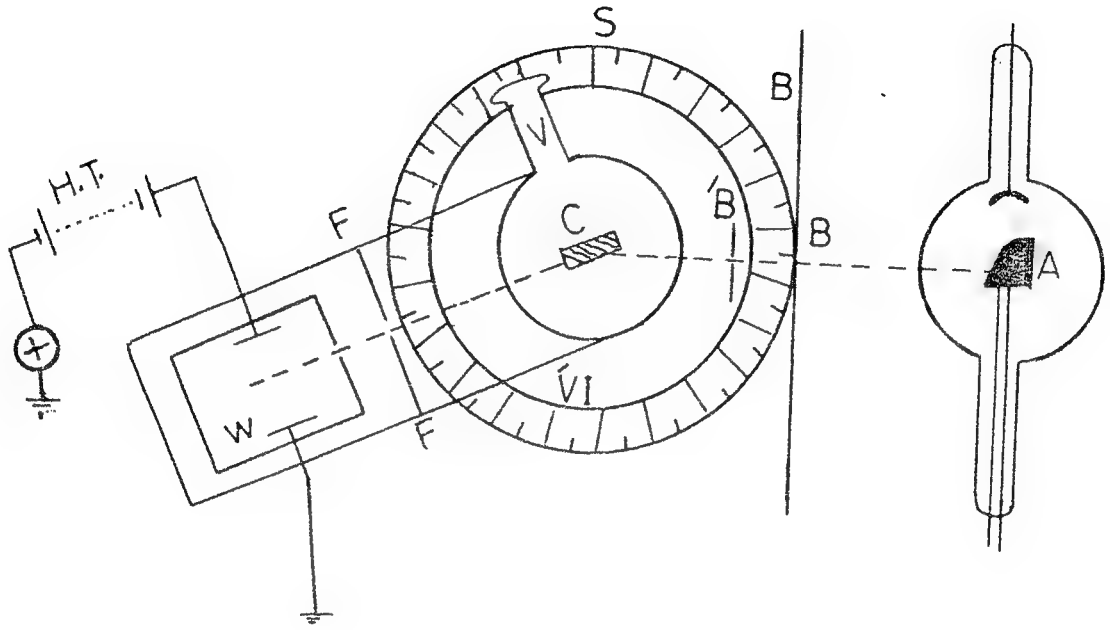
(٥) أنه اذا كانت (λ) صغيرة جدا بالنسبة للمسافة الفاصلة بين حزوز الشبكة (d) فان

زاوية الحيود (θ) يجب أن تكون صغيرة جدا الا اذا كانت رتبة الطيف عالية +

ولما كانت الشدة في الاطيف ذات المرتبة العالية منخفضة جدا فاننا نرى سبب عدم صلاحية المحزوز الضوئى في كشف حيود الأشعة الضوئية ذات أطوال موجية (λ) قصيرة وبالتالي في كشف حيود الأشعة السينية . ولكى يتم التغلب على هذه العقبة كان لابد من صناعة شبكة حيود ذات حزوز متقاربة أكثر بـعدة مراتب وهذا يتطلب موادا أفضل لصنع المحزوز وأيضا موادا أفضل لصنع الصفيحة المحزوزة ، لكن يحد من ذلك طبيعة المادة الحبيبية . لذلك بدا منطقيا أن يكون وراء المظهر الخارجى المنتظم للبلورات ذات الحروف المحددة ومستويات القص الواضحة بنية هندسية مرتبة للذرات في داخل البلورة بالامكان استخدامها كمحزوز حيود للأشعة السينية .

ولكى نقيس الزاوية θ بين مستويات البلورة وأتجاه سقوط الأشعة السينية فاننا نستخدم لذلك مطياف الأشعة السينية والذى يشبه فى عمله المطياف الضوئى وبين الشكل (١ - ٤) فكرة هذا المطياف والذى تستخدم البلورة كمحزوز حيود ويستعمل تحديد الأشعة السينية الصادرة من الهدف (A) فى أنبوية توليد الأشعة السينية على هيئة حزمة ضيقة محددة بواسطة الشقين (B) ، (B') التى يمكن التحكم فيهما وتسقط هذه الأشعة بعد ذلك على البلورة (C) والذى يمكنها أن تدور حول محور موازى للشق وعمودى على مستوى الشكل ويقاس موضعها بواسطة ورنية تتحرك على مقياس دائرى S .

ولما كان انعكاس براج لا يحدث الا عندما تكون الزاوية بين الشعاع الساقط والمنعكس تساوى (2θ) فانه باستطاعة أى كاشف (W) أن يسجل هذه الأشعة فى هذا الاتجاه فقط بعد مرورها من الشق (F) ويكون الكاشف (W) اما لوحة مغلوقة أو فوتوغرافيا أو غرفة تأين يتصل مخرجها بالكرومتر وفى هذه الحالة تثبت غرفة التأين على الذراع (D)



شكل (١ - ٤)

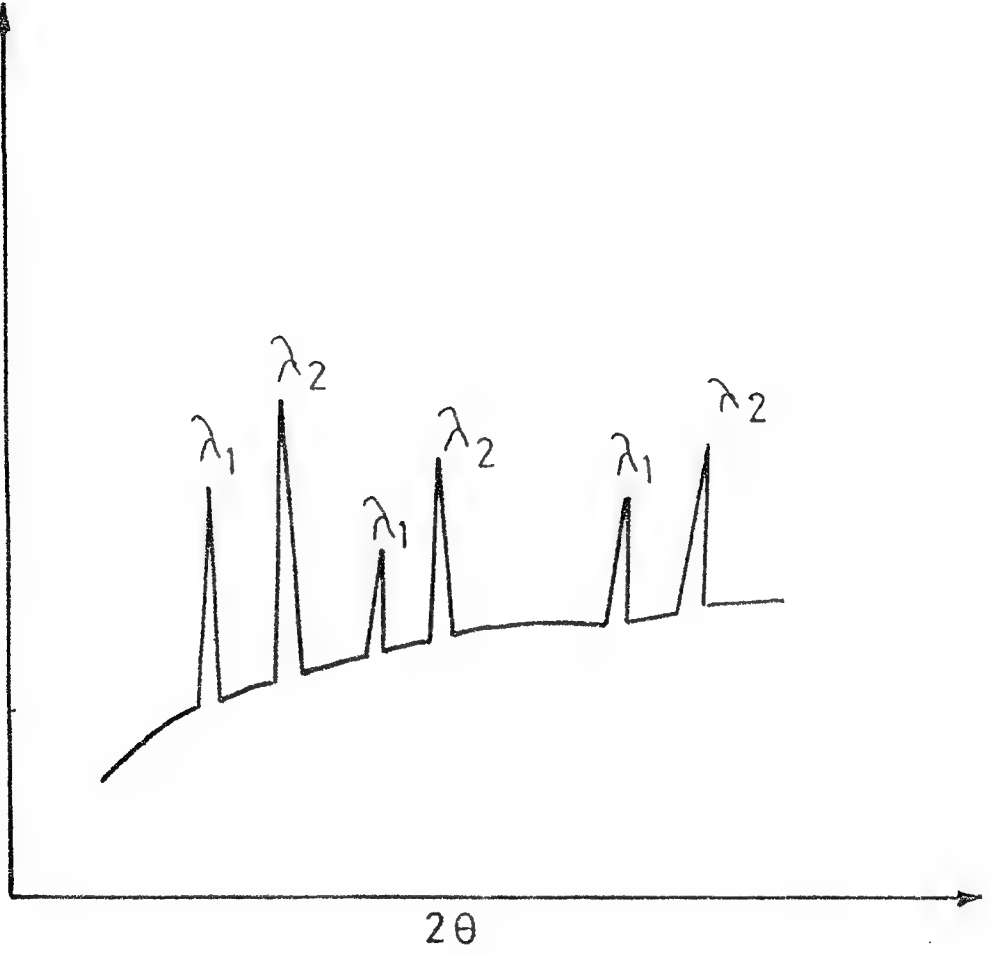
مطياف حيود الاشعة السينية

ويُقاس موضعها بواسطة ورنية أخرى ، ويكون الانحراف الناشئ في الالكترومتر مؤشرا حقيقيا لمقدار التأين الذي أحدثته الأشعة السينية المنعكسة عند مرورها في غرفة -
التأين وبالتالي يكون مقياسا لشدة هذه الأشعة عند زاوية الحيود θ .

ولدراسة ظاهرة الحيود في البلورة ما توضع البلورة بحيث تكون الزاوية θ تساوى صفرا ثم يضبط وضع الكاشف " غرفة التأين مثلا " لكي يستقبل الأشعة السينية في هذه الحالة وتدار كل من البلورة وغرفة التأين تدريجيا في خطوات صغيرة بحيث تكون زاوية دوران -
الكاشف ضعف زاوية دوران البلورة فيلاحظ أن مقدار التأين الذي ينشأ في الغرفة الكاشفة نتيجة لمرور الأشعة السينية فيها يتناقص في البداية عندما تبدأ زاوية الدوران θ ففى
الزيادة التدريجية الى أن تصل الزاوية θ الى قيمة معينة تناظر حالة الانعكاس الناتج
من المستويات البلورية وعندها يزداد مقدار التأين زيادة حادة ملحوظة .

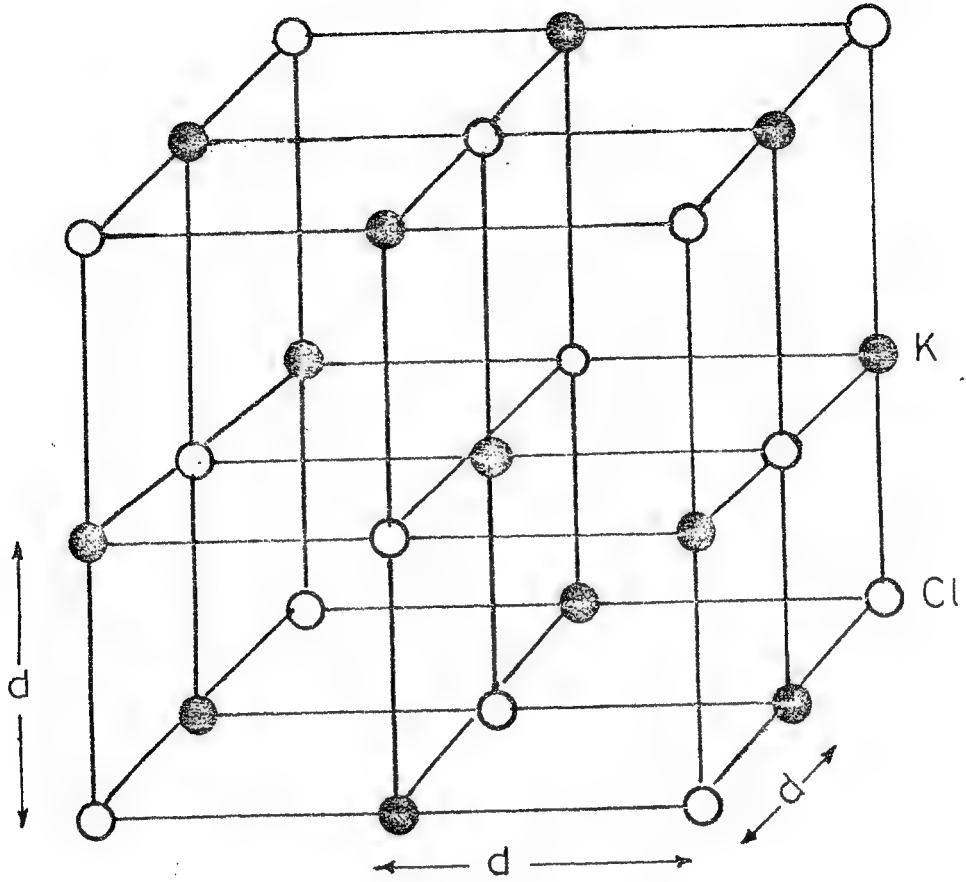
يبين الشكل (١ - ٥) مثالا لاطياف سينية من المرتبة الاولى والثانية لحالة
حيود استخدام فيها طولان موجبان مختلفان λ_1 ، λ_2 حيث يلاحظ النقص في شدة -
الخطوط المتناظرة عندما تزداد رتبة الطيف . ويتطبيق معادلة براج رقم (٥) يمكننا
حساب قيمة المقدار (λ/a) للبلورة ومنها يمكن حساب قيمة الفاصل الشبكي الرئيسى
(a) اذا كان الطول الموجى (λ) للأشعة المستخدمة معروفا ، أما اذا كان هذا
الطول الموجى مجهولا فبإمكاننا حساب الفاصل الشبكي الرئيسى (a) أولا ثم
يُوجد الطول الموجى بعد ذلك باستخدام المعادلة .

يطلق على المواضع التي تحتلها ذرات البلورة بشكل مرتب في الفراغ باسم الشبكة
الفراغية ويبين الشكل (١ - ٦) المسافة الاساسية للمستويات (a) - والتي تعرف
أيضا بالفاصل الشبكي الرئيسى وذلك لبلورة كلوريد البوتاسيوم التكميلية ويلاحظ ففى



شكل (١ - ٥)

طيف الحيود السيني من الرتبتين الاولى والثانية



شكل (١ - ٦)

الشبكة الفراغية التكعيبية لبلورة كلوريد البوتاسيوم

هذه الحالة أن (d) تمثل المسافة بين ذرتين متجاورتين •

وتعرف خلية الوحدة في شبكة فراغية بأنها أصغر وحدة هندسية أو أصغر لبنة فسي البلورة بتكرارها مرات ومرات نحصل على الشبكة الفراغية بكاملها • ويساوى طول حرف خلية الوحدة المسافة الفاصلة بين ذرتين من نوع واحد وهذه المسافة تساوى (2d) بالنسبة للبلورة التكعيبية الموضحة في الشكل السابق ، ويكون طول خلية الوحدة مساويا للمسافة الاساسية (d) في حالة البلورة التكعيبية البسيطة حيث تكون الذرات من نوع واحد •

ومن السهل حساب المسافات بين الذرات بمعرفة كل من الوزن الجزيئى للمركب البلورى وعدد أفوجادرو والكتلة النوعية للمادة وينيتها البلورية • وتبدأ الطريقة المتبعة في حالة البلورات التكعيبية بحساب عدد الذرات الموجودة في وحدة الحجم ثم يضرب هذا العدد في الحجم الذى تشغله الذرة الواحدة ثم يوضع الناتج بعد ذلك مساويا للواحد الصحيح •

ويتطبيق ذلك على بلورة كلوريد البوتاسيوم التكعيبية المبينة في الشكل (١ - ٦) كمال

فمن كثافة هذا المركب (١٩٨ جم / سم^٣) ، ووزنه الجزيئى (٣٩١.٠ + ٣٥٤.٥ = ٧٤٥.٥)

$$\text{وكتلة الجزيئى الواحد منه (} \frac{745.6}{23} = 32.4 \text{ ر } 10 \times 10^{-23} \text{ جم) } \quad \text{و}$$

نحصل على عدد جزئيات كلوريد البوتاسيوم في وحدة الحجم التى تساوى :

$$3 \times 198 = \frac{1}{23} \times 10 \times 10^{-23} \text{ جزئى / سم}^3$$

وحيث أن كلوريد البوتاسيوم ثنائى الذرة ، فإن عدد الذرات في وحدة الحجم هو :

$$2 \times 10 \times 10^{-23} = 2 \times 3.2 \times 10^{-23} \text{ ذرة / سم}^3$$

وإذا رمزنا للمسافة الفاصلة بين ذرتين متجاورتين مأخوذتين على حرف المكعب بالرمز (d) ورفضنا أن (N) تمثل عدد الذرات الموجودة على طول مقداره ١ سم من حرف المكعب فان طول هذا الحرف سوف يساوى (Nd) وبذلك يصبح حجم المكعب هو $(Nd)^3$ • لكن " N " تمثل في نفس الوقت عدد الذرات الموجودة في ١ سم^٣ وبذلك يكون لدينا :

$$1 = (d)^3 \times 10 \times 3,2$$

اذن :

$$d = (10 \times 3,2)^{\frac{1}{3}} = 1,0 \times 3,2^{\frac{1}{3}} \text{ سم} = 3,14 \text{ Å}$$

وهذه هي قيمة المسافة بين حزين من حوزر شبكة الحيود ، أى أنها تمثل المسافة بين مستويين ذريين من مستويات بلورة كلوريد البوتاسيوم التكعبيية •

وحيث أن المسافة الفاصلة بين ذرتين من نوع واحد تساوى ضعف قيمة (d) المحسوبة لذلك نجد أن هذه المسافة تساوى ٦,٢٨ وهى تساوى طول حرف أو حافة وحدة الخلية لبلورة كلوريد البوتاسيوم التكعبيية •

ويشكل حساب المسافة الفاصلة بين حوزر شبكة الحيود أمرا معقدا بأستثناء بعض الحالات البلورية البسيطة نسبيا مثل البلورة التكعبيية ، كما تمثل المسافة المحسوبة بالطريقة السابقة المسافة الرئيسية (الاساسية) التى تفصل بين مستويات الذرات •

وتجدر الاشارة هنا الى وجود مستويات أخرى عديدة فى البلورة يمكن أن تحدث عليها انعكاسات براج ، كما أنه بالامكان حساب المسافات الفاصلة بين هذه المستويات والتى تختلف عن بعضها البعض — استنادا الى المسافة الاساسية الفاصلة بين الذرات كما وأن الكثافات السكانية (population density) لهذه الخطوط أو المستويات قد تختلف أيضا عن بعضها البعض مما يجعل الانعكاسات التى قد تحدث على مجموعة من هذه المستويات مختلفة •



(١ - ٤) - طرق الحيود المختلفة المستخدمة عمليا :
=====

سبق وأن ذكرنا أن الحيود يحدث دائما عندما يتحقق قانون براج :

$$n\lambda = 2d \sin \theta$$
 ، لكن هذه المعادلة تضع بدورها قيودا صارمة على كلا من θ ، λ في حالة بلورة مـا .

وانذا ما اعتبرنا أشعة سينية أحادية الطول الموجى فسوف نجد أن أى وضع اختياري لبلورة وحيدة (Single crystal) في مسار هذه الاشعة لن يحدث حيودا فى غالبية الاحوال . لذلك كان ضروريا أن توجد وسيلة ما يتحقق بها قانون براج عند دراسة ظاهرة الحيود ، وذلك لاحداث التغيرات اللازمة في قيم كل من λ ، θ . وهناك ثلاث وسائل رئيسية لهذا الغرض ترتبط كل واحدة منها بالطرق الثلاثة المستخدمة حاليا لدراسة ظواهر الحيود وهى ملخصة في الجدول التالي :

الطريقة	λ	θ
أ - طريقة لاوى	متغيرة	ثابتة
ب - طريقة البلورة الدوارة	ثابتة	متغيرة جزئيا
ج - طريقة المساحيق	ثابتة	متغيرة

وسوف نبين فيما يلى هذه الطرق كلا على حدة .

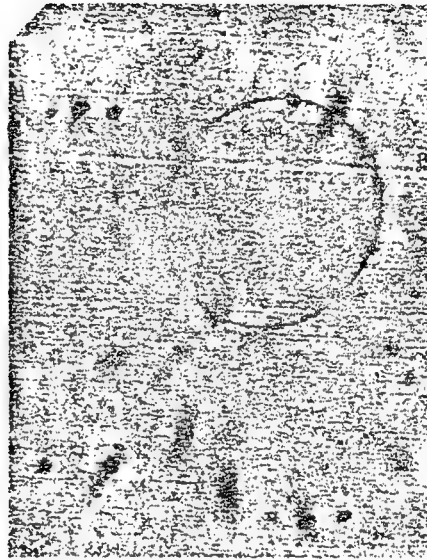
أ) طريقة لاوى :-

وهى أول طريقة عرفت لدراسة الحيود كما أنها تمثيل صادق لتجربة فون لاوى -

الاصلية حيث تسقط الاشعة السينية ذات الطيف المستمر على البلورة وهى فى وضع ثابت • ونتيجة لذلك فان زاوية براج θ تكون ثابتة لكل مجموعة من المستويات البلورية حيث أن كل مجموعة مستويات تتسبب فى حيود جزء من الاشعة الساقطة ذات طول موجى معين يحقق قانون براج عند قيم معينة لكل من d ، θ الخاصة بحيود هذه المجموعة • ونتيجة لمثل هذا الحيود فان كل شعاع سيني منعكس سوف يتميز بطول موجى يختلف عن الاشعة الاخرى المنعكسة • وهناك الان تعديلا هاما لهذه الطريقة يعتمد كل منهما على الاوضاع النسبية لكل من مصدر الاشعة السينية والبلورة والكاشف الذى هو فى العادة فيلم فوتوغرافى •

وفى كل من التعديلين يكون الفيلم مستويا وفى وضع عمودى على الشعاع السيني الساقط وتجدر الاشارة هنا الى تجربة لاوى الاصلية حيث وضع الفيلم خلف البلورة لى تسجيل الاشعة المستطارة فى نفس اتجاه الشعاع الساقط (فيما يعرف بالاتجاه الى الامام) لذلك سميت هذه الطريقة بطريقة النفاذية نظرا لان الاشعة المستطارة تنفذ جزئيا من خلال البلورة حيث يتم تسجيلها على الكاشف (الفيلم) •

أما فى التعديل الثانى لطريقة لاوى والذى يعرف بطريقة الانعكاس الى الخلف فيوضع الفيلم الكاشف بين البلورة وأنبوبة الاشعة السينية حيث يمر الشعاع الساقط من خلال ثقب موجود فى الفيلم الفوتوغرافى ليسقط على البلورة محدثا ظاهرة الحيود ويتم تسجيل الاشعة المستطارة الى الخلف على الفيلم (عكس اتجاه الشعاع الساقط) وفى كلا التعديلين تكون الاشعة المستطارة صفوفا من البقع السوداء على الفيلم الفوتوغرافى الكاشف فيما يعرف بالنموذج أو النمط (Pattern) والذى لايعنى فى الحقيقة أى تنظيم دورى لهذه البقع بل على العكس من ذلك تماما حيث تشاهد هذه البقع عادة وقد صفت على منحنيات معينة كما يلاحظ من الخطوط المرسومة على الصور المبينة فى الشكل



شكل (١ - ٧)

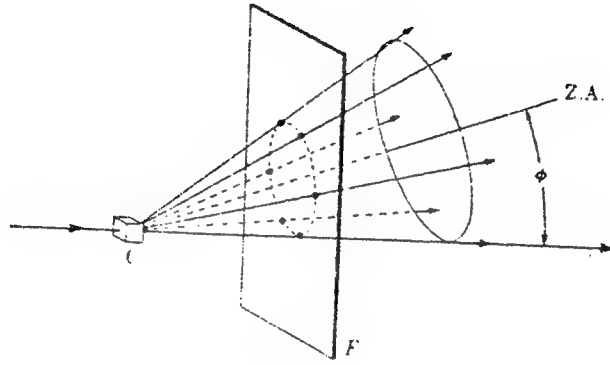
نموذج لاوى النفاذى لبلورة تكعيبيية

(١ - ٧) • وتكون هذه المنحنيات على شكل قطع ناقص أو قطع موجب (زايد) في نماذج النفاذية أو على شكل قطع موجب فقط في نماذج الانعكاس الى الخلف •

وتمثل البقعة الواقعة على أى منحني معين الانعكاسات الناتجة من مستويات تنتمى الى منطقة بلورية واحدة • وهذه نتيجة منطقية لانعكاسات لاوى من المستويات الموجودة في منطقة واحدة حيث تقع جميعها على سطح مخروط تخيلي محوره هو محور هذه المنطقة •

وبين الشكل (١ - ٨) أن أحد جوانب المخروط يكون مماسيا مع الشعاع النافذ وان الزاوية التي يصنعها محور المنطقة (Zone axis) مع الشعاع النافذ تساوى نصف زاوية رأس المخروط • فاذا ما وضعنا الفيلم الفوتوغرافى كما هو موضح في هذا الشكل فسوف يقطع المخروط في قطع ناقص تخيلي يمر خلال مركز الفيلم حيث تقع بقع الحيود الناشئة من مستويات المنطقة على هذا القطع الناقص • أما اذا أصبحت الزاوية أكبر من ٤٥ درجة فان الفيلم الموجود بين البلورة ومصدر الاشعة السينية لتسجيل نموذج الانعكاس الى الخلف - سوف يقطع المخروط في قطع موجب " زائد " كما هو مبين في شكل (١ - ٩) •

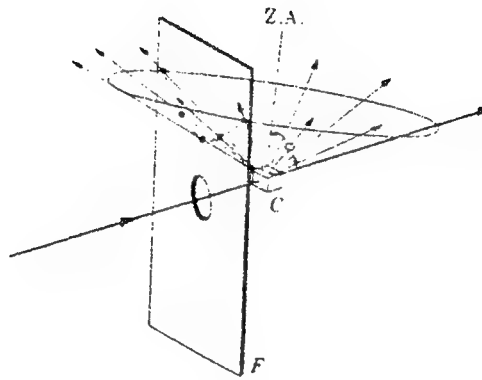
ويمكننا تمثيل حقيقة وقوع انعكاسات لاوى من مستويات منطقة بلورية ما على سطح المخروط تمثيلا جيدا بواسطة اسقاطات بيانية مجسمة كما هو موضح في شكل (١ - ١٠) ، حيث تقع البلورة في مركز الكرة المرجعية (Reference sphere) ويدخل الشعاع السيني الساقط (I) من جهة اليسار ليخرج الشعاع النافذ (T) من جهة اليمين • أما النقطة التي تمثل محور المنطقة (Zone axis) فتقع بدورها على محيط الدائرة الرئيسية (Basic circle) بينما تقع أقطاب المستويات الخمسة (P₁) الى (P₅) والتي تنتمى لهذه المنطقة على الدائرة الكبيرة المبينة • ويمكننا ايجاد اتجاه شعاع الحيود المنعكس من أى من هذه المستويات كما يلى حيث سنأخذ المستوى P₂ كمثال :



شكل (١ - ٨)

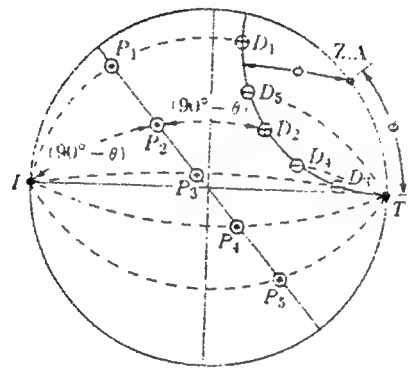
مواقع بقاء لوى على قطع ناقص في طريقة النفاذية

(C = البلورة ، F = الفيلم الكاشف • Z.A. = محور المنطقة)



شكل (١ - ١)

مواقع يقع لاوى على قطع موجب طريقة الانعكاس الى الخلف
(C = البلورة ، F = الفيلم الكاشف ، • = Z.A. = محور المنطقة)



شكل (١ - ١٠)

اسقاط بياني مجسم لطريقة لاوى للتفاضلية

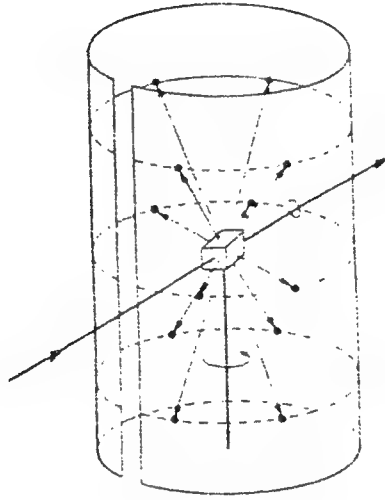
حيث أن (I) ، (P₂) ، اتجاه الحيود (D₂) المراد تعيينه ، (T) تقع جميعها في نفس المستوى ، فلا بد وأن تقع (D₂) على الدائرة الكبيرة التي تمر خلال I ، P₂ ، T . تكون الزاوية المحصورة بين (I) ، (P₂) مساوية للقيمة (٩٠ - θ) ولا بد أن تقع D₂ مسافة الزاوية متساوية على الجانب الآخر من (P₂) كما هو موضح في الشكل ويمكننا الآن أن نرى أشعة الحيود المنعكسة (D₁) الى (D₅) التي تم إيجادها بهذه الطريقة وقد وقعت على دائرة صغيرة تمثل التقاطع مع الكرة المرجعية لمخروط محوره هو نفس محور المنطقة البلورية .

ونظرا لان أوضاع البقع التي تسجل على الفيلم الكاشف في كل من طريقة النفاذية والانعكاس الى الخلف تعتمد على وضع واتجاه البلورة بالنسبة للشعاع السيني الساقط ، كما وأن البقع قد تظهر مشوهة أو مبعثرة بشكل عشوائي اذا سبق وتعرضت البلورة لاي لى أو أنحناء بطريقة مما لذلك تستخدم طريقة لاوى^{طدة} /أما لتعيين الوضع أو الاتجاه البلورى (Crystal orientation) أو لتقدير مدى الجودة البلورية (Crystal perfection) .

(ب) طريقة البلورة الدوارة : (Rotating Crystal Method) :
=====

وفي هذه الطريقة المبينة في الشكل رقم (١ - ١١) تثبيت البلورة الوحيدة بحيث يكون أحد محاورها الرئيسية في اتجاه الشعاع السيني الساقط والذي يكون في العادة ذا طول موجى احادى ، ويوضع الفيلم الفوتوغرافى على شكل أسطوانى حول البلورة بحيث تدور الأخيرة حول المحور المختار وبحيث ينطبق أيضا محور الفيلم الكاشف مع محور دوران البلورة .

وخلال دوران البلورة فسوف تصنع مجموعة معينة من مستويات الشبكة البلورية زاوية بسراج الصحيحة اللازمة لانعكاس الشعاع السيني الساقط وفي هذه اللحظة سوف نحصل على شعاع



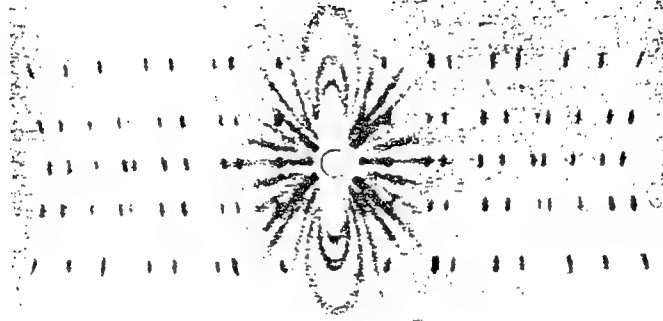
شكل (١ - ١)

طريقة البلورة الدوارة

منعكس • وتقع الاشعة المنعكسة بدورها على مخروطات وهمية لكن محاور هذه المخروطات في هذه الحالة تكون منطبقة مع محور الدوران ، ونتيجة لذلك فان البقع التي تتكون على الفيلم الفوتوغرافي تقع بدورها على خطوط وهمية أفقية اذا ما جعلنا وضع الفيلم مستويا بعد ذلك كما هو موضح في الشكل رقم (١ - ١٢) • وحيث أن البلورة قد دارت حول محور واحد فقط فان زاوية براج لا تأخذ كل القيم المحتملة ما بين الصفر ، ٩٠ درجة لكل مجموعة من المستويات ، بمعنى أنه ليس بإمكان كل مجموعة مستويات أن تظهر لنا شعاع حيود منعكس • وتمثل مجموعات المستويات المتعامدة على محور الدوران أمثلة واضحة على ذلك • وتستخدم طريقة البلورة الدوارة أساسا في معرفة التركيبات البلورية المجهولة حيث تشكل في هذا المجال أقوى أداة عملية عرفها المشتغلون في حل التركيبات البلورية •

(ج) طريقة المساحيق (Powder method) :
=====

وتعتمد هذه الطريقة على سحق المادة المراد معرفة التركيب البلوري لها سحقا جيدا ثم يعرض هذا المسحوق لاشعة سينية أحادية الطول الموجي • تمثل كل حبيبة من هذا المسحوق بلورة متناهية في الصغر وموزعة في اتجاهات عشوائية بالنسبة للشعاع السيني الساقط • ونتيجة لذلك فسوف يتصادف أن تكون بعض هذه الحبيبات في أوضاع صحيحة بحيث يمكن لمستوياتها (1 0 0) مثلا أن تعكس الشعاع الساقط كما يمكن لحبيبات أخرى في نفس الوقت أن تسمح بحدوث انعكاسات (1 1 0) وهكذا • أي أن كل مجموعة مستويات من الشبكة البلورية سوف تكون قادرة على أحداث انعكاس خاص بها • وفي واقع الامر فان كتلة المسحوق تكافئ بلورة وحيدة لكن هذه البلورة لا تدور حول محور واحد فقط بل تدور حول جميع المحاور الممكنة •



شكل (١ - ١٢)

نموذج حيود بطريقة البلورة الدوارة لبلورة الكوارتز ذات الشكل السداسي تتصدر
حول المحور •

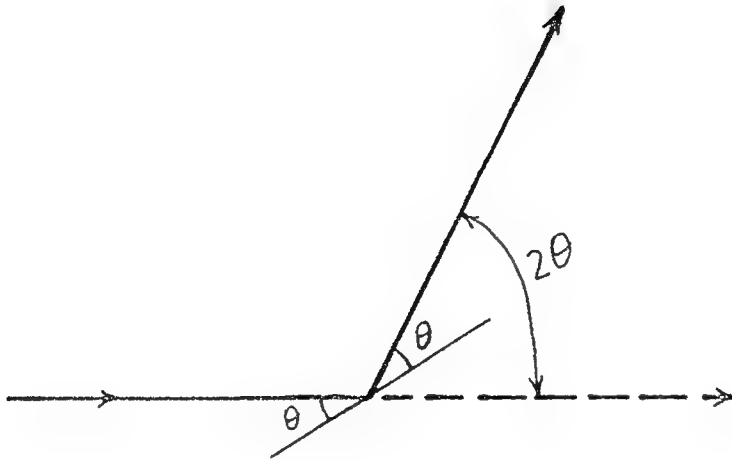
لنعتبر الان أنعكاسا خاصا بقيم معينة من احداثيات $(h k l)$ سنجد أن حبيبة أو أكثر من المسحوق سوف يتصادف أن تكون مستويات $(h k l)$ لها في وضع يسمح بأن تصنع زاوية براج الصحيحة للانعكاس ، ويبين الشكل (١ — ١٣) مستوى واحد من هذه المجموعة كذلك الشعاع المنعكس المتكون في هذه الحالة •

فاذا ما أدير الان هذا المستوى حول الشعاع الساقط كمحور بطريقة تجعل الزاوية θ دائما ثابتة دون تغير ففي هذه الحالة سوف يسير الشعاع المنعكس فوق سطح مخروط كالمبين في الشكل (١ — ١٤) بحيث ينطبق محور المخروط مع الشعاع النافذ •

وفي الواقع لا يحدث مثل هذا الدوران في طريقة المسحوق ولكن يمكننا اعتبار أن وجود أعداد هائلة من الحبيبات البلورية التي لها كل الاتجاهات الممكنة كافي ، هذا الدوران نظرا لانه سوف يوجد بالقطع بين هذه الحبيبات مجموعة منها بحيث تصنع مستوياتها زاوية براج الصحيحة مع الشعاع الساقط والتي تكون دائما في جميع الاوضاع الدورانية المحتملة حول محور الشعاع الساقط •

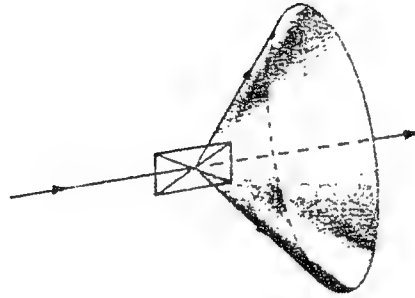
وعلى هذا تأخذ أنعكاسات $(h k l)$ الناتجة من كتلة ساكنة من المسحوق شكل مخروط من الاشعة المستطارة ، وسوف يظهر لنا مخروط خاص بكل مجموعة من مستويات الشبكة البلورية والتي تتميز بقيمة معينة من قيم الفاصل الشبكي الرئيسي (d) •

ويبين الشكل (١ — ١٥ — أ) أربعة من هذه المخروطات ، كما يوضح أيضا طريقة الحيود الأكثر شيوعا في الاستعمال في حالة المساحيق • وفي هذه الحالة التي تعرف بطريقة ديبي وشيرر (Debye and Scherrer) يقوس شريط صغير من فيلم فوتوغرافي داخل اسطوانة قصيرة يتم وضع العينة على محورها ، كما يكون اتجاه الشعاع السيني الساقط عموديا على هذا المحور •



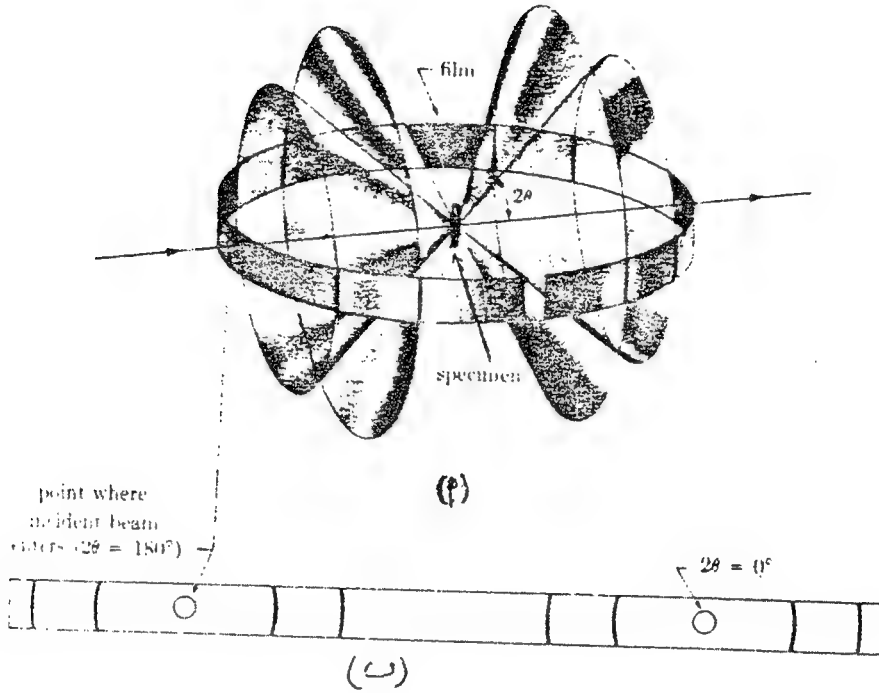
شكل (١ - ١٣)

. الشعاع السيني بعد حيوده في أحد المستويات



شكل (١ - ١٤)

تكوين مخروط حيودى للاشعة فى طريقة المساحيق



شكل (١ - ١٥)

طريقة دباى و شيرر للمساحيق

أ - علاقة بين الفيلم الكاشف والعينة والشعاع الساقط

ب - مظهر الفيلم بعد وضعه مستويًا .

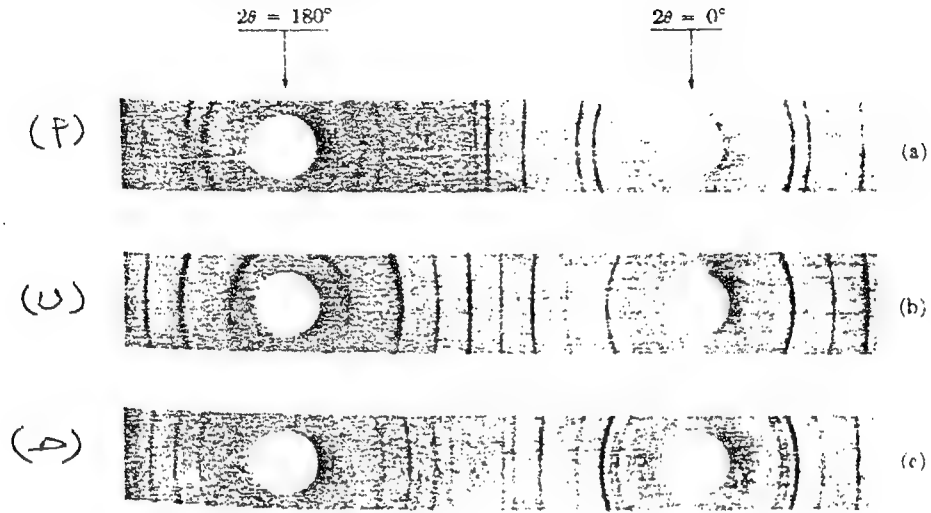
تقطع مخروطات الاشعة المستطارة شريط الفيلم الاسطوانى فى خطوط ، واذا —
أخرجنا الفيلم من الاسطوانة بعد ذلك ثم بسطناها ليصير مستويا فان النمط أو نمـ
الحيود الناتج يأخذ المظهر المبين فى الجزء (ب) من الشكل السابق .

وبين لنا الشكل (١ - ١٦) نماذج حيود حقيقية تم الحصول عليها لماساحيق معادن
مختلفة ، وفيها يتكون كل خط حيود من أعداد هائلة من البقع الصغيرة المتكونة من
الانعكاسات من الحبيبات البلورية المختلفة ، وهذه البقع متلاصقة للغاية مع بعضها
البعض بحيث تبدو لنا وكأنها خط متصل . كما يلاحظ أن هذه الخطوط ليست مستقيمة
تماما وإنما تكون منحنية فى غالبية الاحوال باستثناء الخطوط التى تحدث عند زاوية $2\theta = 90^\circ$
حيث تكون الخطوط الناتجة مستقيمة تماما عند هذه الزاوية .

وقياس موضع خط حيود ما على الفيلم الفوتوغرافى ، فانه يمكننا تعيين قيمة الزاوية θ
واذا ما عرفنا الطول الموجى (λ) للاشعة السينية المستخدمة فمن الممكن حينئذ حساب
قيمة الفاصل الشبكي الرئيسى (d) لمستويات الشبكة العاكسة التى أحدثت هذا الخط .

• وتجدر الاشارة هنا الى امكانية استنتاج مواضع كل خطوط الحيود الممكنة على
الفيلم الفوتوغرافى ، اذا ما عرفنا شكل وحجم وحدة الخلية للبلورة المستخدمة ، وفى هذه
الحالة يكون الخط الناظر لاقل قيمة ممكنة للزاوية 2θ ناتجا من الانعكاس من المستويات
ذات القيمة العظمى للفاصل الشبكي الرئيسى (d) . واذا أخذنا النظام البلورى التكعيبي
كمثال ، فاننا نجد أن قيمة الفاصل الشبكي الرئيسى تصل الى قيمتها العظمى عندما
تكون قيمة المقدار ($h^2 + k^2 + l^2$) أقل ما يمكن مع ملاحظة أن أقل قيمة ممكنة لهذا
الحد هى الواحد الصحيح وهى تناظر قيمة للمعاملات ($h \ k \ l$) تساوى ($1 \ 0 \ 0$) .

لذلك فان الانعكاس الناتج من ($1 \ 0 \ 0$) هو الانعكاس الذى تكون زاويته 2θ أقل ما يمكن .



شكل (١ - ١٦)

نماذج دبابي - شيرر للمساحيستق

أ - مسحوق النحاس

ب - مسحوق التنجستن

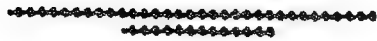
ج - مسحوق الزنك

يأتى بعد ذلك فى ترتيب الانعكاسات ذلك الانعكاس الذى تكون معاملات ميلر له
مناظرة للقيمة التالية الاعلى للمقدار $(h^2 + k^2 + l^2)$ أى تساوى ٢ . وفى هذه الحالة
فان المعاملات $(h k l)$ تساوى $(1 1 0)$ وهكذا .

تستخدم طريقة ديبيى وشيرر للمسايق كذلك التعديلات المختلفة لها على
نطاق واسع لدراسات المعادن على وجه الخصوص حيث أنها الطريقة الوحيدة الممكنة عندما
لا يتوفر لدينا بلورات وحيدة من المعدن . وتتميز هذه الطريقة أيضا بملاءمتها لحساب
متغيرات الشبكة البلورية بدقة متناهية كذلك فى التعرف على الأطوار وامكانية حدوثها بمفردها
أو فى مخاليط مثل السبائك متعددة الأطوار ونواتج التآكل فى المعادن والصخور .

وفى ختام هذا الفصل يجب التنويه الى أن مطياف الاشعة السينية عندما يستخدم
كأداة لتحليل الحيود فانه يعرف بمقياس الحيود وفى هذه الحالة يتم استخدامه مع أشعة
سينية ذات طول موجى معروف لتعيين الفواصل الشبكية الرئيسية المجهولة للمستويات
البلورية .

أما اذا استخدم الجهاز لتقدير طول موجى مجهول للأشعة السينية المستخدمة فانه
يعرف بالمطياف ، وفى هذا لحالة يجب أن تكون قيم الفاصل الشبكي الرئيسى للمستويات
معروفة ، لكن مقياس الحيود يستخدم دائما مع أشعة سينية ذات طول موجى احادى ومن
الممكن أن تتم القياسات على بلورات وحيدة أو مواد متعددة البلورات ، وفى الحالة الاخيرة
فأنه يعمل تماما مثل آلة تصوير ديبيى وشيرر حيث يستقبل الكاشف ويقيس لنا فقط قوسا
صغيرا من أى مخروط من الاشعة المستطارة .



” الفصل الثانى ”

(٢ - ١) نبذة عن المواد المتفلورة (الفسفورات) من نوع كبريتيد الزنك : —

=====

يطلق على البللورات غير العضوية التى تظهر فيها خاصية الاضائية عندما تستثار لفظة الفسفورات " Phosphors " وهى كلمة يونانية قديمة معناها " حاملات الضوء " (Light bearers) وقد أستخدمت منذ زمن بعيد لتوصيف المواد المتفلورة وقد أورد هارفى فى كتابه المعروف " تاريخ الاضائية " تاريخا مفصلا لهذه المواد .

تتكون الفسفورات ذات الكفاءة الاضائية العالية من كتلة متبلورة كبيرة نسبيا من المادة ذات نقاوة عالية للغاية تعرف ببللورات العائل وتحتوى بدورها على كميات صغيرة للغاية من بعض الشوائب النافعة والتى تعرف بالمنشطات (Activators) . وتحضر معظم هذه المواد باستخدام تفاعلات الحالة الجامدة عند درجات حرارة أقل من درجات أنصهار مكوناتها وتعتمد خواص المادة المتفلورة الناتجة الى حد كبير على درجة التبلور . فالمواد ذات الطبيعة الايونية مثل كلوريد البوتاسيوم تتسرب من هذه التفاعلات فى اشكال بلورية لها خاصية الاضائية دون الحاجة الى تسخينها لدرجات حرارة مرتفعة بعكس المواد غير الايونية نسبيا مثل كبريتيد الزنك ، والتى تميل الى أن تتسرب من هذه التفاعلات فى تركيبات بلورية اما دائرية بدون زوايا أو حافات محددة أو مكعبة الالوجه وهذه المواد لا بد أن تسخن أثناء التحضير الى درجات حرارة أقل من درجات أنصهار مكوناتها لتحصل على مادة متفلورة ذات كفاءة أضائية عالية .

ويمكننا تقسيم الفسفورات عموما من الوجهة الكيميائية الى ثلاثة أنواع هى :

(١) النوع الاول : ويشمل الفسفورات المنشطة بشوائب أجنبية متعددة الشحنات الكاتيونية
=====

(المالية) مثل النحاس والفضة والذهب أو اليورانيوم والثاليوم وتحضر هذه المجموعة بواسطة تفاعلات الحالة الجامدة عند درجات حرارة مرتفعة حيث يتم تسخين بللورات العائل النقية في وجود تركيزات ضئيلة للغاية من الشوائب المراد إضافتها .

(٢) النوع الثاني : ويضم الفسفورات المنشطة ذاتيا وتحضر بتسخين بللورات العائل النقية بحيث تحتوي المادة على زيادات طفيفة من الكاتيونات نتيجة لتحلل بعض البللورات أثناء التسخين ومن أمثلة هذا النوع من الفسفورات كبريتيد الزنك المنشط بالزنك وتنجستات الكالسيوم المنشطة بعنصر التنجستون كما وأنه قد تحدث أيضا أثناء عملية التسخين بعض العيوب البللورية والتي يمكن أن تلعب دور المنشطات نظرا لانهم تسبب في وجود مستويات طاقة موضعية كالتي تحدثها الشوائب المنشطة .

(٣) النوع الثالث : وهو الذي تظهر فيه خاصية الاضائية عندما يستثار بالفوتونات وهو في الحالة النقية .

وهذه المواد تحتوي على مجموعات ايونية مثل مجموعة اليورانييل (U^{2+}) في بعض أنواع من الزجاج .

وتعامل المجموعة (U^{2+}) المسؤولة عن خاصية الاضائية على أنها جزيء مستقل محاط بجزيئات ماء التميؤ حيث تعزلة تماما عن جزيئات المادة العائلة (الزجاج) وتظهر خاصية الاضائية في هذه المواد في وجود جزيئات الماء وتخفى بتسخين هذه المواد حيث تفقد المادة ماء التميؤ ، وتعود لها خاصية الاضائية اذا ما امتصت جزيئات الماء مرة أخرى .

وهناك تصنيف آخر للفسفورات أقترحه كل من مت (Mott) وكورى . ووفقا لهذا

الحالة لا يكون الالكترون مرتبطا ارتباطا دائما بالمراكز الاضائية • مثل ذلك كبريتيد الزنك المنشط بالفضة •

وفي هذه المجموعة أيضا يعتمد الانبعاث الضوئي الصادر من المواد المتفلورة بدرجة كبيرة على الحالة الطبيعية والكيميائية لكل من المنشط الاساسي والمنشط المساعد والبللورة العائلة لهما •

(٢) الفسفورات المنشطة بالمعادن الانتقالية : =====

وفي هذه المجموعة تكون الانتقالات الالكترونية المسببة لظاهرة الاضائية محصورة في الالكترونات أيون المعدن الانتقالي ، وحيث تكون القشرة الايونية (d-shell) ممثلة جزئيا بالالكترونات في حالات السكون غير المستثار للذرة • ويشكل أيون المنجنيز $(Mn)^{+2}$ أهم مثال لهذه المجموعة • وفي هذه الايونات ، يحدث الانتقال الالكتروني المسبب لخاصية الاضائية بين مستويات الالكترونات الخارجية التي تشارك في عملية تكوين المركب • ولهذا السبب تعتمد مستويات الطاقة على طبيعة الارتباط الموجود بين مكونات المركب • وتعبير أكثر دقة يمكننا القول بأن مستويات الطاقة في فسفورات هذه المجموعة تتأثر تأثيرا كبيرا بالحقل البللوري حيث يمكننا تغيير خواص الاضائية الصادرة من المادة بتغيير شكل الحقل البللوري ولكن ذلك لا يتم الا في حدود معينة • ويرجع ذلك الى أن الحقل البللوري قد يتسبب أحيانا في حدوث أنقسامات (splitting) في مستويات الطاقة في حدود 10^4 سم⁻¹ ، فمثلا يتسبب الحقل الرباعي لبللورات أرثو سيليكات الزنك في حدوث الانبعاث الضوئي الاخضر المميز لأيون المنجنيز $(Mn)^{+2}$ • بينما يتسبب الحقل البللوري الثماني الواجه لنفس المركب في حدوث الانبعاث الضوئي الاحمر لنفس الايون •

(٣) الفسفورات المنشطة لعناصر الأرضية النادرة : =====

يوجد في الجدول الدوري للعناصر مجموعتان من الذرات تتميزان بوجود القشرة الالكترونية (f) متعلقة نسبيا بالالكترونات وذلك عندما تكون هذه الذرات في حالة السكون غير المستثار وتعرف هذه المواد بمجموعات اللانثانيدات والاكثينيدات نظرا لان تركيباتها الالكترونية تشبه تماما تركيبات عنصرى اللانثانوم والاكثيوم على الترتيب . وتكون هاتان المجموعتان مـا يعرف بالعناصر الأرضية النادرة ، وتكون الخاصة الاضائية الناتجة في هذه المواد مميزة للعنصر الأرضى النادر الموجود في البلورات العائلة .

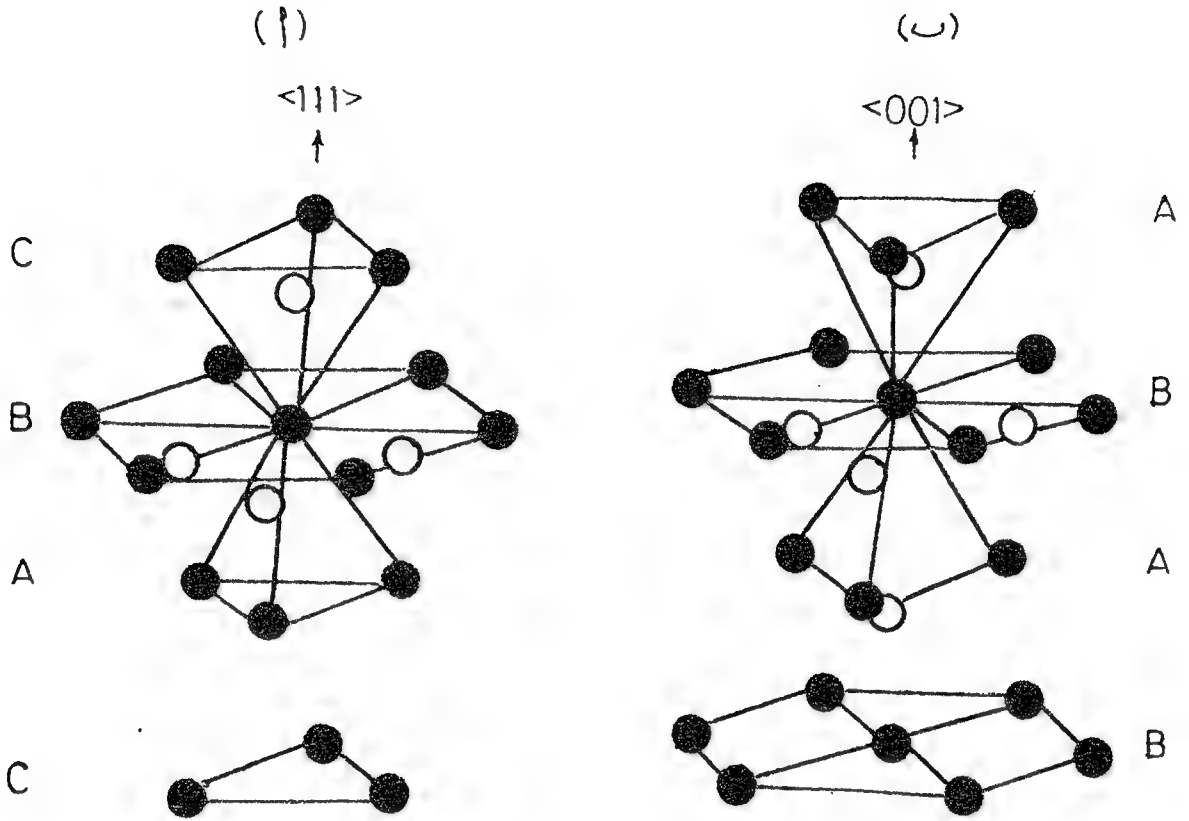
(٢-٢) بلورات الفسفورات من نوع كبريتيد الزنك : =====

توجد الشبكة البلورية لكبريتيد الزنك في أحد شكلين بلوريين : (أ) الشكل التكعيبي والذى يعرف بالزنك بليند أو الاسفاليريت (Zinc blend, Sphalerite) وله ثابت شبكى (a) في حدود ٤٣ و ٥ Å .

(ب) الشكل البلورى السداسى الواجه والذى يعرف بالوارزيت (Wurtzite) وله ثوابت وحدة الخلية : $a = ٣,٨٤ \text{ Å}$, $c = ٦,٢٨ \text{ Å}$.

وكلا التركيبين البلوريين لكبريتيد الزنك الموضحين في الشكل (٢-١) مكونان من شبكتين بلوريتين فرعيتين متماثلتين تماما من أيونات الزنك والكبريت . وكل شبكة بلورية منهما عبارة عن طبقات متلاصقة ومصفوفة حول محور الصف المشترك .

وقد تبين إمكانية وجود ثلاثة أنواع من الطبقات A , B , C في هذا التركيب المتراص المتلاصق وهى جميعا متكافئة باستثناء وجود ازاحة للنقط المتناظرة والموجودة في اتجاه عمودى على المحور المشترك للطبقات الثلاثة لمسافة مقدارها $\frac{R}{2}$ في اتجاه محور المتراص



شكل (٢ - ١)

الاشكال البلورية لكبريتيد الزنك

أ - زنك بلند تكعيبي الشكل

ب - وارتزايث سداسي الشكل

ج - تمثل الدوائر المصغرة ذرات معدن الزنك بينما تمثل

الدوائر المفرغة ذرات الكبريت.

(Stacking axis) كما نجد أنه فوق كل موضع لأيون الزنك يوجد موضع لأيون الكبريت ولهذا تكون مستويات الزنك والكبريت طبقة مزدوجة (ABC) في حالة الزنك بليند ، (AB) في حالة الوارزيت .

وقد أُعتبرت المحاليل الجامدة لكبريتيدات الزنك والكاديوم موادا فسفورية متغلورة ذات كفاءة أضعائية عالية نظرا لانه بتغيير نسب التركيزات في هذه المخاليل الجامدة يمكننا أن نغير عددا من خواصها مثل (أ) فاصل الطاقة بين مستويات التكافؤ والتوصيل بها (ب) التركيب البلورى (ج) ثوابت الشبكة البلورية .

وقد أجريت حسابات عديدة لشوايت الشبكة البلورية لمخاليل كبريتيدات الزنك والكاديوم الجامدة ووجد أن هناك اختلافاً كبيرة واضحة في قيم الثوابت a ، c للشبكة البلورية وخاصة في قيم الثابت (c) .

كما وجد أيضاً أن المحاليل الجامدة لكبريتيدات الزنك والكاديوم تتواجد على المدى الكلى لتركيزات مكوناتها والذي يتراوح ما بين (١٠٠ % زكب : صفر % كاد كب) الى (صفر % زكب : ١٠٠ % كاد كب) . كما تبين أن التركيب البلورى لهذه المحاليل الجامدة يأخذ الشكل التكعيبي في البداية عندما يكون تركيز كبريتيد الزنك عاليا للغاية بينما يتحول التركيب الى النوع السداسى عندما يوجد كبريتيد الكاديوم بتركيزات عالية في الشبكة البلورية وقد يكون التركيب البلورى في بعض الحالات خليطا من التكعيبي والسداسى عندما يوجد الزنك والكاديوم فى المحلول الجامد بتركيزات متفاوتة .

وقد وجد أنه في حالة رباعى السطوح المصمت تماماً تأخذ النسبة $\frac{c}{a}$ قيمة مثالية تساوى ١.٦٣٣ لكن تبين أيضاً أن كبريتيدات الزنك والكاديوم تبتعد قليلا عن هذه النسبة المثالية حيث تأخذ النسبة $\frac{c}{a}$ في الحالة الاولى القيمة ١.٦٣٧٦ وفي الحالة الثانية القيمة

١٦٢٣٨ على التوالي • ولقد اعزى وجود هذه الاختلافات عن النسبة المثالية للطبيعة
الايونية للروابط في هذه المركبات والتي تسبب عادة في زيادة طاقة الشبكة البلورية •

ومن السهل تعيين التركيب البلورى والتعرف على الاطوار المجهولة وذلك بتحليل
نموذج أو نمط الحيود الناتج من عينة عديدة البلورات (Polycrystalline sample) وذلك
في الحالات البسيطة التى لا يكون التركيب فيها بالغ التعقيد • وتعتبر طريقة البلورة الوحيدة
أكثر فاعلية لكنها أكثر تعقيدا من طريقة المساحيق عديدة الحبيبات • والطريقة المتبعة
في هذه الحالة أن نتعرف على خطوط الحيود التى نحصل عليها من مقياس الحيود وأن ننسب
كل خط منها الى المستوى العاكس فى العينة الذى تسببى ظهوره • ولو اعتبرنا الشكل
التكعيبي البسيط فاننا سوف نجد أن هذه التركيبات تتميز بوجود ذرات من نفس النوع عند
كل نقطة شبكية • أى أن لها خاصية تكعيبية وفى الواقع سوف نأخذ هذه التركيبات كمثال
فى الوقت الحالى لنبين كيف نتعرف على التركيب البلورى المجهول • وتكون هذه الاشكال
اما مكعبات مركزية الوجه أو مكعبات مركزية الجسم (المكعب الماسى) • وفى جميع هذه
الحالات فان تصنيف خطوط الحيود وفقا للمستويات التى أنتجتها هو فى الواقع بسيط ومباشر
ويتطبيق معادلة مسافة الفاصل الشبكي الرئيسى فى حالة البلورة التكعيبية مع قانون براج
فاننا نحصل على :

$$d^2 = \frac{a^2}{(h^2 + k^2 + l^2)} \quad \dots \dots \dots (1)$$

$$n^2 \lambda^2 = 4 d^2 \sin^2 \theta \quad \dots \dots \dots (2)$$

$$\therefore \sin^2 \theta = \frac{\lambda^2}{4 a^2} (h^2 + k^2 + l^2) \quad \dots \dots \dots (3)$$

حيث a هو ثابت الشبكة البلورية وتأخذ h , k , l قيما صحيحة فى العادة •

وفي حالة الاشكال البلورية التكعيبية الشائعة ذات التماثلية العالية نجد أن الانعكاسات الناتجة من مستويات $(h \ k \ 1)$ معينة تكون شدتها مساوية للصغر اذا كانت البلورة احاديسية الذرات نتيجة للتدخل الهدام للاشعة المستطارة الناتجة من نقاط مختلفة داخل وحدة الخلية . وكما نعلم أيضا فان الاشعة السينية هي موجات كهرومغناطيسية وعليه فيمكن لاي موجتين أن تتداخلا لتعطيا محصلة شدتها صفرا اذا كانت الموجتين مختلفتين في الطور .

لهذا كله فاننا نجد ^{بعض} خطوط الحيود قد لا تظهر في نماذج الحيود التي نحصل عليها عمليا كما نجد أنها في حالة عدم ظهورها تختفى في تتابع مميز وهذه الخاصية هي التي تمكننا من التعرف على التركيب البلوري . ولكن نتعرف على تركيب بلوري مجهول فاننا نتبع الخطوات الاتية :

(أ) يمكننا بالقياس المباشر الحصول على قيمة $\sin^2 \theta$ لكل خط حيود موجود على نموذج الحيود الذي تم الحصول عليه عمليا .

(ب) ترتب بعد ذلك قيم $\sin^2 \theta$ عموديا بطريقة تصاعديـة ابتداءً بأصغر قيمة على أن تليها القيم الاخرى الاكبر .

ومن المعادلة (٣) الاخيرة نجد أن هذا الترتيب التصاعدي لقيم $\sin^2 \theta$ هو نفس الترتيب التصاعدي لقيم $(h^2 + k^2 + 1^2)$ نظرا للتناسب المباشر بين المقدارين حيث أن $\frac{\lambda^2}{4a^2}$ هي كمية ثابتة في المعادلة .

(ج) نقسم كل قيمة من قيم $\sin^2 \theta$ الموجودة في العمود السابق على أصغر قيمة به التي بدأنا بها الترتيب التصاعدي العمودي فنحصل بذلك على مصفوف من الاعداد العدد الاول به هو $(1 \ 0 \ 0)$.

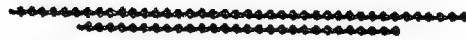
وكقاعدة عامة يجب أن تعطى كل قيمة من قيم المقدار $(h^2 + k^2 + 1^2)$ خطأ في نموذج

الحيود الناتج ولكن كما ذكرنا سابقا فاننا قد نجد شدة بعض هذه الخطوط مساوية للصفر ولهذا فانها لا تظهر في نموذج الحيود الموجود .

(٢ - ٣) الهدف من حلقة البحث الحالية :
=====

تهدف حلقة البحث الحالية الى التعرف على التركيبات البلورية والفواصل الشبكية الرئيسية لبعض محاليل كبريتيدات الزنك والكادميوم الجامدة . وكذلك ترمى هذه الدراسة الى فحص تأثير تغير نسبة تركيز الزنك الى الكادميوم في الشبكة العائلة الرئيسية على التركيب البلورى لهذه المواد وثابت وحدة خليتها .

وقد أكتسبت المواد التى تجرى عليها هذه الدراسة شهرة كبيرة وأهمية بالغة من التطبيقات الصناعية العديدة التى تدخل فيها . مثال ذلك الاضاءة الفلورية ، أنابيب أشعة المهبط المستخدمة فى الاوسيلسكوب والرادار والتليفزيون والمصابيح الكهرومبضية . كذلك فى قياس الجرعات الاشعاعية فى مجالات الفيزياء الطبية والعلاج الاشعاعى .



” الفصل الثالث ”

المواد والقياسات العملية

(٣ - ١) المواد المستخدمة في البحث :

=====

استخدم في هذا البحث سبعة مواد متفلورة من كبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بعنصر الفضة بتركيز ثابت مقداره ٠.٠١% في جميع العينات ، بينما اختلفت تدريجيا نسبة تركيز كبريتيد الزنك الى كبريتيد الكادميوم في الشبكات البلورية لتغطي المدى من (١٠٠ % : صفر %) الى (صفر % : ١٠٠ %) ، وجميع هذه التركيزات تمثل نسباً مئوية كلية . وقد تم تحضير هذه المواد وتوريدها على شكل مساحيق بواسطة شركة ثورن البريطانية للصناعات الكهربائية (Thorn Electrical Industries Ltd., England) .

ويوضح الجدول رقم (٣ - ١) وصفا للمواد المستخدمة ونسب تركيزات مكوناتها .

جدول (٣ - ١) : المواد المستخدمة في البحث وتركيزات مكوناتها

	Phosphor	% Zn	% Cd	% Ag	Flux used
(1)	(ZnS):Ag	100	0	0.01	NaCl
(2)	(ZnS:CdS):Ag	90	10	0.01	NaCl
(3)	(ZnS:CdS):Ag	75	25	0.01	NaCl
(4)	(ZnS:CdS):Ag	56	44	0.01	NaCl
(5)	(ZnS:CdS):Ag	46	54	0.01	NaCl
(6)	(ZnS:CdS):Ag	22	78	0.01	NaCl
(7)	(CdS):Ag	0	100	0.01	NaCl

d	1a	1b	1c	1d							
U ₁	2a	2b	2c	2d	7			8			
Ref.	A Cut-off				Filter	d Å	U ₁	I _{k1}	d Å	I/I ₁	s _{k1}
U ₁					Coil						
Ref.					d corr. abs.?						
U ₁					3						
Ref.					4						
U ₁					5						
Ref.					6						
U ₁					9						
Ref.					9						

شكل (٣ - ١)

صورة عامة لتقسيمات فراغات البطاقة المرجعية للجمعية الأمريكية لاختبار المواد

وقد تم تحضير هذه العينات باستخدام تفاعلات الحالة الجامدة عند درجات حرارة عالية وفي وجود الكلور كعامل منشط مساعد . وفي عملية التحضير ، يدخل أيون شائب الفضة في الشبكة البلورية ليكون مركزا للاضائية بها (أى مستوى طاقة موعى) حيث يحل أيون الفضة الموجب أحادى التكافؤ ، محل أيون الزنك أو الكالسيوم الموجب ثنائى التكافؤ ، ويتم تعويض الشحنة الموجبة المتبقية من عملية الاحلال بواسطة احلال أيون كلور سالب أحادى التكافؤ ، محل أيون كبريت سالب ثنائى التكافؤ .

وعندما تستثار هذه المواد بواسطة اشعاع مناسب مثل الاشعة السينية أو الاشعة فوق البنفسجية — فان أيون الكبريت السالب ثنائى التكافؤ (ك^{٢-}) يصبح فى حالة تمكنه من أن يتحرك بحرية خلال الشبكة البلورية . بمعنى أنه يرتفع الى مستوى التوصيل فى البلورة . وتنتج الخاصية الفلورية فى هذه المواد من العملية العكسية لعملية الاثارة .

(٢-٣) التحليل بواسطة الاشعة السينية :
=====

أجريت القياسات الخاصة بنماذج الحيود السينى للمواد المستخدمة بواسطة مقياس الحيود السينى من نوع شيمادزو بالمعمل المركزى للخدمات بكلية العلوم جامعة المنوفية بجمهورية مصر العربية .

وأستخدم لهذا الغرض الاشعة السينية المرشحة بواسطة النيكل وطولها الموجى λ ١.٥٤٢ Å وتم الحصول على نماذج الحيود فى شكل علاقات بيانية بين شدة الشعاع المنعكس بعد حيوده كدالة لزاوية الحيود (2θ) .

يتركب مقياس شيمادزو للحيود السينى المستخدم وهو من طراز (XD-3) من :
(أ) المولد أو أنبوبة الاشعة السينية .

(ب) مطياف الاشعة السينية •

(ج) جهاز الكشف والتسجيل •

وفي هذا الجهاز تنطلق الاشعة السينية المتولدة من الانبوبة لتسقط على العينة حيث تحدث ظاهرة الحيود وفقا لقانون براج المعروف والذي يربط العلاقة بين الطول الموجي للاشعة السينية المستخدمة والفصل الشبكي الرئيسى لبلورة العينة •

ويتم تسجيل شدة الاشعة المنعكسة من المستويات المختلفة داخل البلورة بواسطة كاشف من نوع العداد الومضى مباشرة وأوتوماتيكيا كدالة لزاوية الحيود (2θ) أى أننا نحصل على نموذج أو نمط الحيود أوتوماتيكيا في هذا الجهاز •

ووفقا لمعادلة براج للحيود السيني فان الفاصل الشبكي الرئيسى (d) بين المستويات

$$n \lambda = 2d \sin \theta$$

يرتبط بزاوية الحيود بواسطة العلاقة :

حيث λ هى الطول الموجي للاشعة السينية المستخدمة وتساوى 1.542 \AA ، n عدد صحيح يعرف برتبة الطيف • وقد حسبت قيم الفواصل الشبكية الرئيسية (d) لجميع خطوط الحيود في كل نموذج باستخدام هذه المعادلة ، كما تم حساب قيم معاملات ميلر للمستويات البلورية المختلفة بالطرق التى سبق شرحها في الفصلين الاول والثانى •

قورنت بعد ذلك نتائج الحيود التى تم الحصول عليها بالقيم المرجعية الموجودة فى بطاقات الجمعية الامريكية لاختبار المواد (ASTM Cards) بقصد التعرف على الشكل البلورى للعينات المستخدمة وسنورد فيما بعد فى هذا الفصل وصفا تفصيليا لكيفية التعرف على التركيب البلورى باستخدام هذه البطاقات •

أصبح فى الامكان بعد التعرف على الشكل البلورى للمادة أن تحسب قيم ثوابت الشبكة

البلورية لوحدة الخلية باستخدام المعادلة المناسبة للشكل البلورى الناتج • فى حالة النظام البلورى التكعيبي قدرت قيم الثوابت من المعادلة الاتية والخاصة بهذا الشكل •

$$\frac{1}{d^2} = \frac{h^2 + k^2 + l^2}{a^2}$$

حيث d هو الفاصل الشبكي الرئيس ، (h, k, l) هى معاملات ميلر ، هو ثابت الشبكة البلورية المراد حسابه •

فى حالة النظام البلورى السداسى أستخدمت المعادلة الخاصة بهذا النظام لتقدير ثوابت الشبكة البلورية a ، c وهى :

$$\frac{1}{d^2} = \frac{4}{3} \left(\frac{h^2 + hk^2 + k^2}{a^2} \right) + \frac{l^2}{c^2} \dots \dots \dots (2)$$

(٣ - ٣) البطاقات المرجعية للجمعية الامريكية لاختبار المواد وكيفية استخدامها :
=====

ظهرت أول مجموعة من هذه البطاقات (ASTM Cards) عام ١٩٤٢م وقد أحصت على بيانات الحيوود السيني لحوالى ١٣٠٠ مركب كنتيجة لجهد اللجنة المشتركة المشكلسة من الجمعية الامريكية لاختبار المواد والجمعية الامريكية للحيود السيني والالكترونى •

ثم ظهرت بعد ذلك مجموعات أخرى من هذه البطاقات عامى ١٩٤٥م ، ١٩٥٠م وذلك بالتعاون مع المعهد البريطانى للفيزياء وقد شملت مجموعة البطاقات الاخيرة بيانات الحيوود السيني لما يقرب من أربعة آلاف مركب كما تمت مراجعة بيانات البطاقات التى ظهرت قبل هذا التاريخ ويوضح شكل (٣ - ١) الصورة العامة لهذه البطاقات والفراغات المختلفة المقسمة على كل بطاقة والخاصة بأنواع معينة من البيانات وهى كالآتى :-

- الفراغات (1a) ، (1b) ، (1c) مخصصة لقيم الفاصل الشبكي الرئيس (d) لاقوى

ثلاثة خطوط حيود في النموذج الخاص بالمركب.

- الفراغ (1d) خاص بأكبر قيمة للفاصل الشبكي الرئيسى .
- الفراغات (2a) ، (2d) ، (2c) ، (2d) مبين بها شدة الخطوط السابقة منسوبة الى شدة أقوى خط فيها والذي تؤخذ شدته عادة على أساس أنها تساوى ١٠٠
- الفراغ (3) وبه بيانات مختلفة خاصة بالشروط العملية المستخدمة عند قياس نموذج —
الحيود الخاص بالمركب مثل الطول الموجى للاشعة السينية والمرشح المستخدم ٠٠٠ الخ
- الفراغ (4) وبه البيانات الخاصة بالتركيب البلورى للمركب .
- الفراغ (5) وبه بعض بيانات الخواص الضوئية للمركب .
- الفراغ (6) وبه بيانات خاصة بالرمز الكيميائى للمركب وطريقة معالجته الكيميائية ومصدره ودرجة غليانه ٠٠٠٠٠ الخ .
- الفراغ (7) وبه الرمز الكيميائى للمركب كذلك أسمه .
- الفراغ (8) مخصص للرمز الهيكلى لتركيب المواد العضوية أو باسم المركب ان كان أصله معدنيا ورمزه الكيميائى .
- الفراغ (9) وهو عبارة عن ثلاثة أعمدة الاول خاص بقيم الفاصل الشبكي الرئيسى (d) والثانى خاص بالشدة النسبية لخط الحيود المناظرة لكل قيمة من قيم الفاصل الشبكي الرئيسى على اعتبار ان شدة أقوى خط تساوى ١٠٠ .
- وقد خصص العمود الثالث لقيم معاملات ميللر المستوى الذى تسبب في حيود الخط المعين . وترتب قيم الفاصل الشبكي الرئيسى في العمود الخاص بها ترتيبا تنازليا .
- ويوضح الشكلان (٣ - ٢) ، (٣ - ٣) بطاقتين من هذا النوع احدهما

5-0566

d	3.12	1.91	1.63	3.123	β -ZnS					
I/I ₁	100	51	30	100	BETA ZINC SULFIDE (SPHALERITE)					
Rad. CuK α_1 A 1.5405 Filter Ni Dia. Cut off Coll. I/I ₁ G. C. DIFFRACTOMETER d corr. abs? Ref. SWANSON AND FUYAT, NBS CIRCULAR 539, Vol. II, 18 (1953)					d Å	I/I ₁	hkl	d Å	I/I ₁	hkl
Sys. Cubic S.G. T _D - F $\bar{4}3m$ a ₀ 5.4060 b ₀ c ₀ A C a β γ Z 4					3.123	100	111			
Ref. 1810.					2.705	10	200			
4s 2V D ₂ 4.096 mp ϵ γ Sign Ref.					1.912	51	220			
PREPARED AT 940°C BY RCA LAB. SPECT. ANAL. <0.1% Cu; <0.01% S, Fe, Mo, Si; <0.001% Al, Ca. X-RAY PATTERN AT 26°C.					1.633	30	311			
REPLACES 1-0732, 2-0564, 2-0565, 3-0524, 3-0570					1.562	2	222			
					1.351	6	400			
					1.240	9	331			
					1.209	2	420			
					1.1034	9	422			
					1.0403	5	511			
					0.9557	3	440			
					.9138	5	531			
					.8548	3	620			
					.8244	2	533			

1959

شكل (٣ - ٢)

البطاقة المرجعية لكبريتيد الزنك تكعيبي الشكل

6-0314

d	3.16	3.58	3.36	3.541	CdS					
I/I ₁	100	75	59	75	CADMIUM SULFIDE (GREENOCKITE)					
Rad. Cu	A 1.5405	Filter			d Å	I/I ₁	hkl	d Å	I/I ₁	hkl
Dis. Cu	Coll. M	Coll.			3.583	75	100	1.1243	8	302
I/I ₁		corr. abn.?			3.357	59	100	1.0743	6	205
Ref. NBS CIRCULAR 539 VOL. II PP. 15-16 (1955)					3.160	100	101	1.0540	1	214
					2.440	25	102	1.0340	4	220
					2.068	57	110	0.9934	4	310
Sys. Hexagonal	S.G. C _{6v} - P ₆₃ /mmc				1.998	42	103	.9881	5	222
a ₀ 4.136	b ₀	c ₀ 6.713	A	C	1.791	17	200	.9842	6	116
Ref. 1810.	Y	Z			1.761	45	112	.9827	5	311
					1.731	18	201	.9727	2	304
					1.677	4	004	.9533	9	215, 315
Es	n=3	ty			1.541	7	202	.9245	2	107
2V	D=4.92 mp	Color			1.520	2	104	.9081	7	313
Ref.					1.398	15	203	.8756	1	400
					1.3534	5	210	.8578	1	401
					1.3271	11	211	.8304	3	224
					1.3032	7	116	.8153	4	402
					1.2572	11	105	.8024	4	216
					1.2347	1	204	.8315	3	403
					1.1940	8	200	.8166	4	306
					1.1595	12	213	.8159	4	321

شكل (٣ - ٣)

البطاقة المرجعية لكبريتيد الكاديوم سداسي الشكل

خاصة بكبريتيد الزنك ذى التركيب البلورى التكعيبي والاخرى خاصة بكبريتيد الكادميوم
وبللوراته من النوع السداسى •

ولتسهيل عمليات تصنيف وحفظ هذه البطاقات مرتبة فان كلا منها يحتوى على أرقام
خاصة بها فى الركن العلوى الايسر منها ويوجد مع مجموعات هذه البطاقات فهرسان :

(١) الاول : مرتب ترتيبيا أبجديا ومقسم الى ثلاثة أجزاء هى :-

=====

أ - فهرس عام بالمركبات الغير عضوية والعضوية •

ب - فهرس خاص بالمركبات العضوية •

ج - فهرس خاص بالخامات المعدنية •

(٢) الثانى : فهو خاص بالتصنيف العددي لجميع المركبات والخامات المعدنية •

=====

وللتعرف على التركيب البلورى لمركب ما باستخدام هذه البطاقات فاننا نقيس
عمليا أولا نموذج الحيود السيني لهذا المركب ثم من هذا النموذج نحسب قيمة الفاصل
الشبكي الرئيسى (d) لكل خط والشدة النسبية له على أساس أن شدة أقوى خط تساوى
١٠٠ كذلك معاملات ميللر (h k l) للمستوى البلورى الذى تسبب فى حدوث هذا الخط •

ترتب هذه القيم فى أعمدة خاصة بها على أن يراعى أن يكون ترتيب قيم الفاصل الشبكي
الرئيسى تنازليا بدءا بأكبر قيمة مناظرة لأقوى خط فى النموذج •

تقارن هذه القيم المحسوبة للفاصل الشبكي الرئيسى بمثيلاتها الموجودة على
بطاقة التصنيف الخاصة بالمركب فاذا ما تطابقت القيم المحسوبة والقيم الموجودة قورنت القيم
المحسوبة لكل من الشدة النسبية للخطوط ومعاملات ميللر بمثيلاتها الموجودة على بطاقة المركب
بغرض التأكد من مطابقة جميع بيانات الحيود ، فاذا ثبت ذلك أمكن التعرف بسهولة على
التركيب البلورى للمركب حيث يتم ذلك مباشرة بقراءته من البطاقة •

” الفصل الرابع ”

النتائج والمناقشة

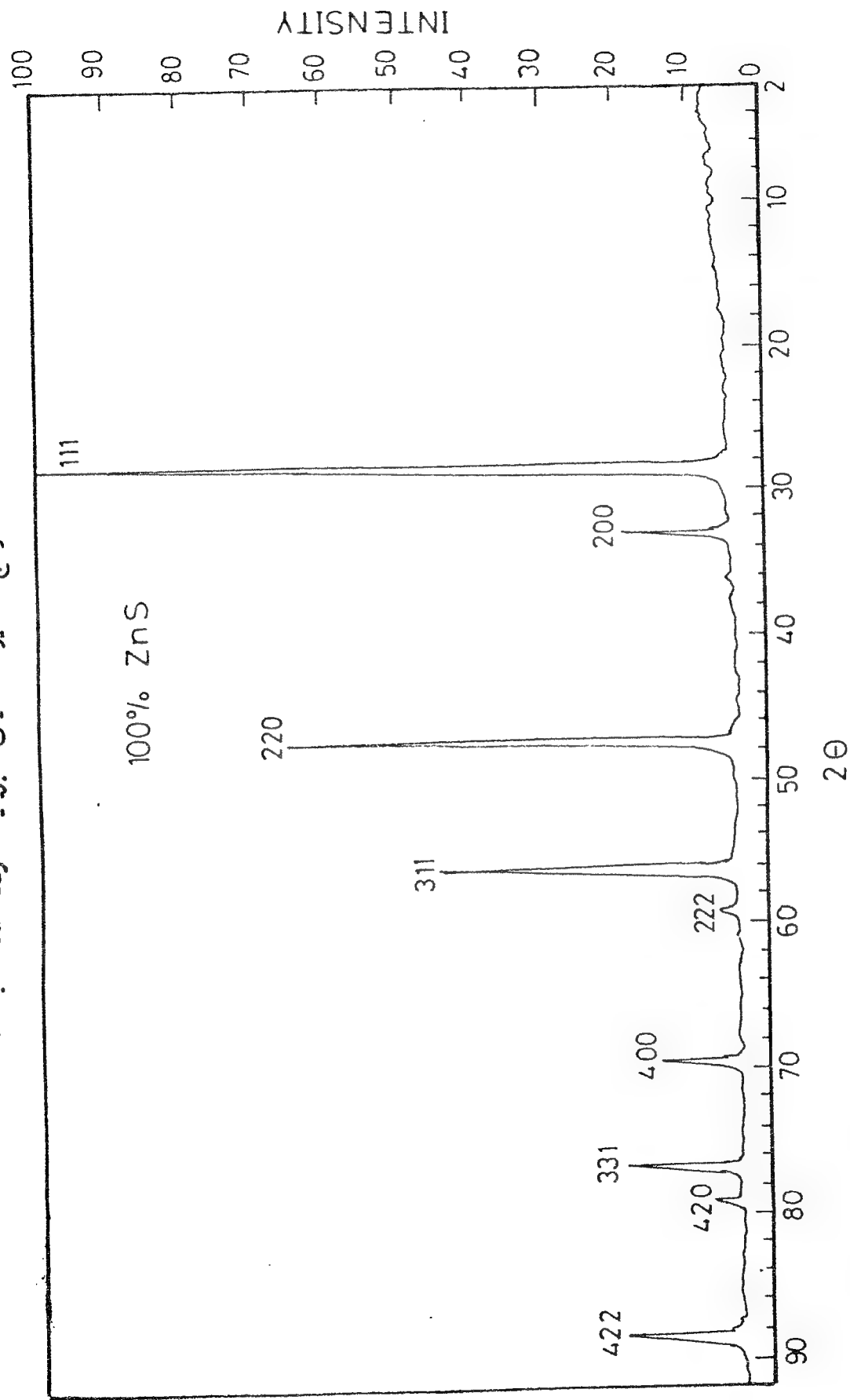
أمكن التعرف على التركيب البلورى للمواد المستخدمة من نماذج الحيود السينى باستخدام أشعة سينية طولها الموجى يساوى $\lambda = 1.542 \text{ \AA}$. وتبين الاشكال من (٤ - ١) الى (٤ - ٧) نماذج الحيود التى تم الحصول عليها عمليا لسبع محاليل جامدة من كبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بالفضة والتى تحتوى على تركيزات متزايدة لكبريتيد الكادميوم تبدأ من صفر % الى أن تصل ١٠٠ % .

وتمثل هذه النماذج العلاقة بين شدة الشعاع السينى المستطارد من ظاهرة الحيود وزاوية الحيود (2θ) وتظهر فى هذه الاشكال خطوط الحيود الرئيسية على شكل خطوط حادة مما يدل على درجة تبلور عالية (crystallinity) وهذه الملاحظة مهمة للغاية من وجهة نظر التطبيقات الصناعية لهذه المواد حيث أنه من المعروف أن المواد المتفلورة لا تنبعث الاضائية منها بكفاءة عالية عند قذفها أو إثارتها بالجسيمات مشحونة أو الفوتونات ذات الطاقات العالية الا كانت على درجة عالية من التبلور .

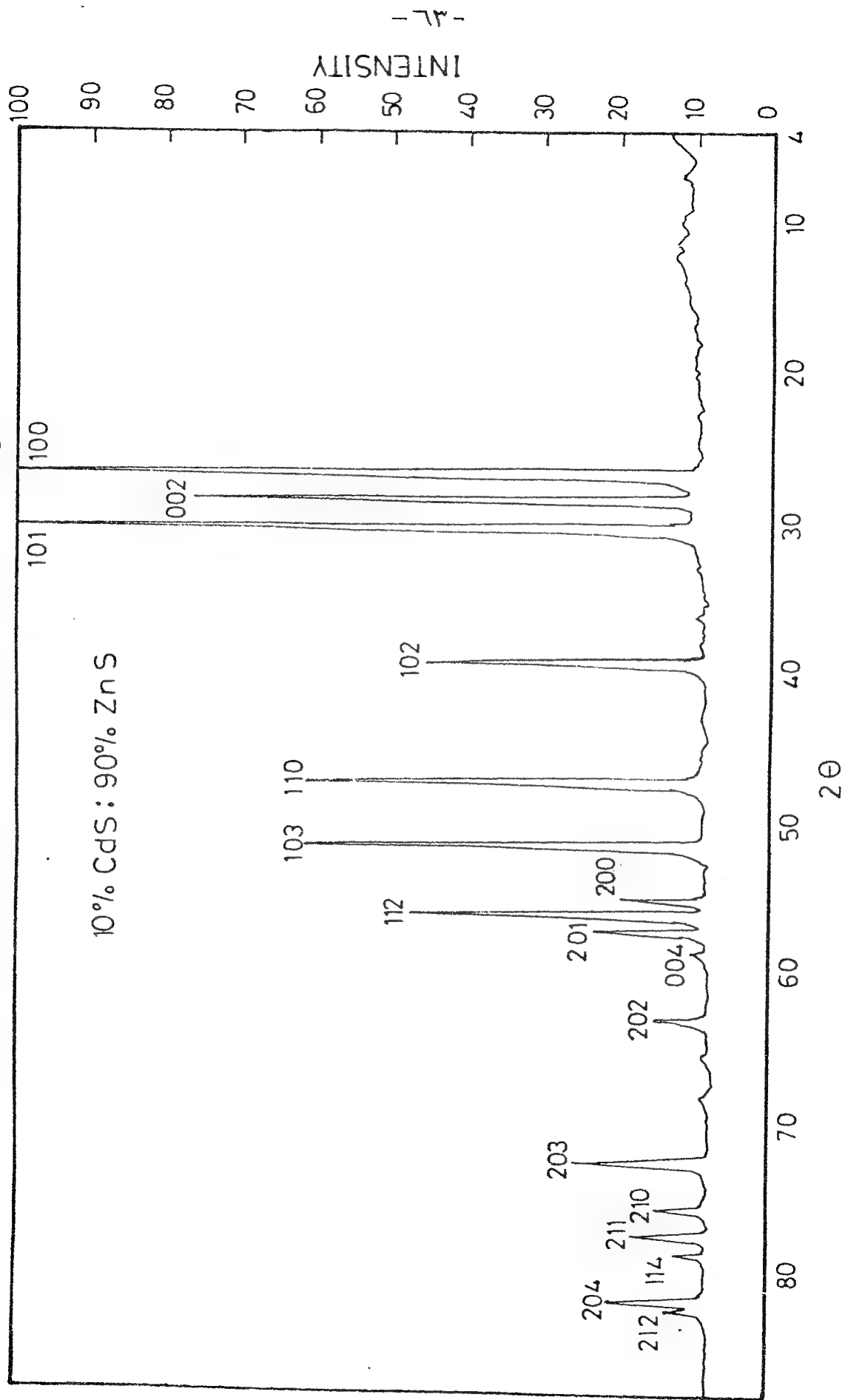
وتطبيق معادلة براج المعروفة على نماذج الحيود الناتجة تم حساب قيم الفواصل الشبكية الرئيسية لجميع الخطوط ، ومقارنة النتائج بعد ذلك بالقيم المرجعية الموجودة فى بطاقات الجمعية الامريكية لاختبار المواد أمكن التعرف على الشكل البلورى للمواد السبع المستخدمة . ويبين الجدول رقم (٤ - ١) تفاصيل هذه التركيبات والثوابت البلورية المتعلقة بها والتى تم حسابها بواسطة الطرق المختلفة التى سبق عرضها فى هذا البحث .

شكل (١ - ٤)

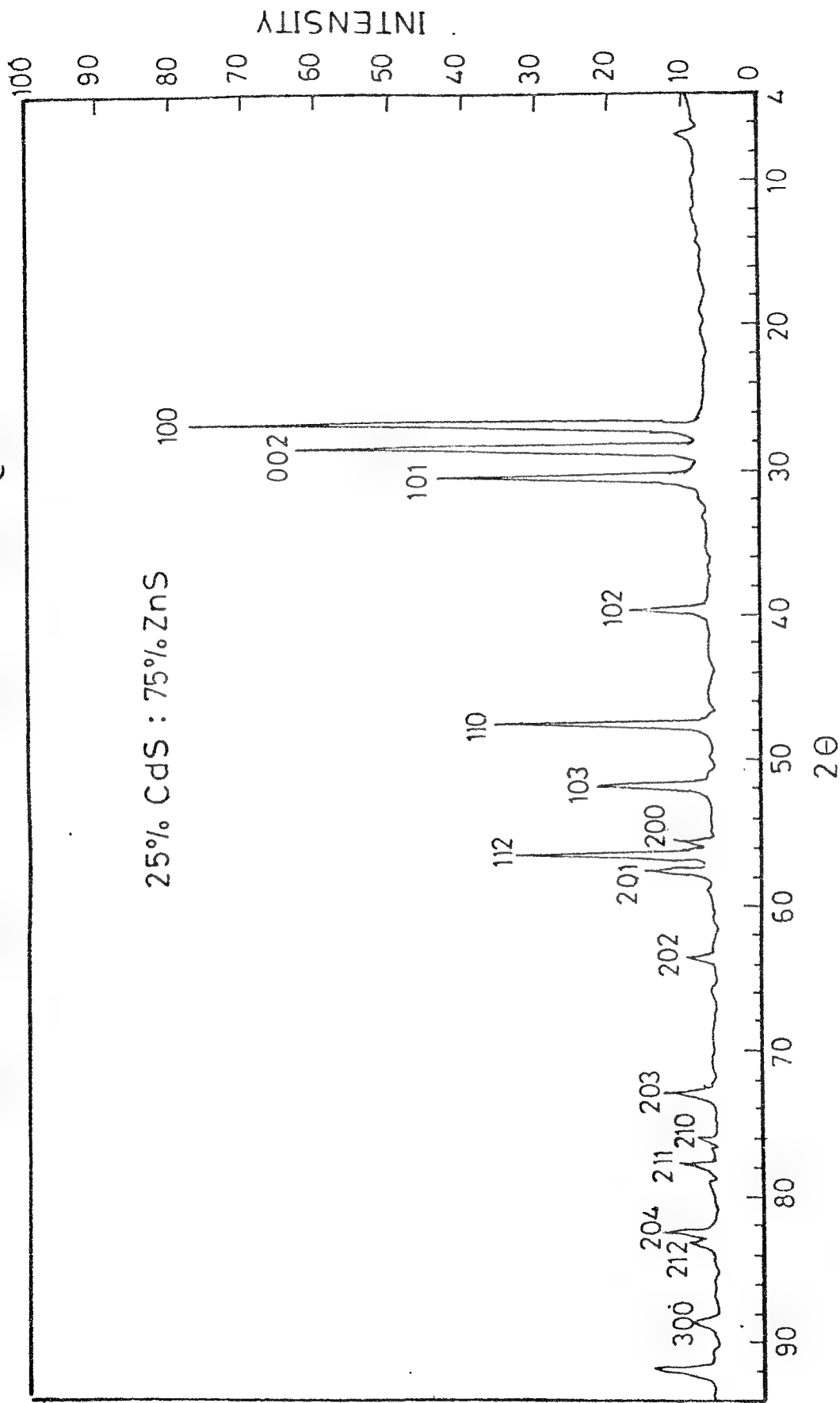
نموذج الحيود السيني لكبريتيد الزنك المنشط بالفضة



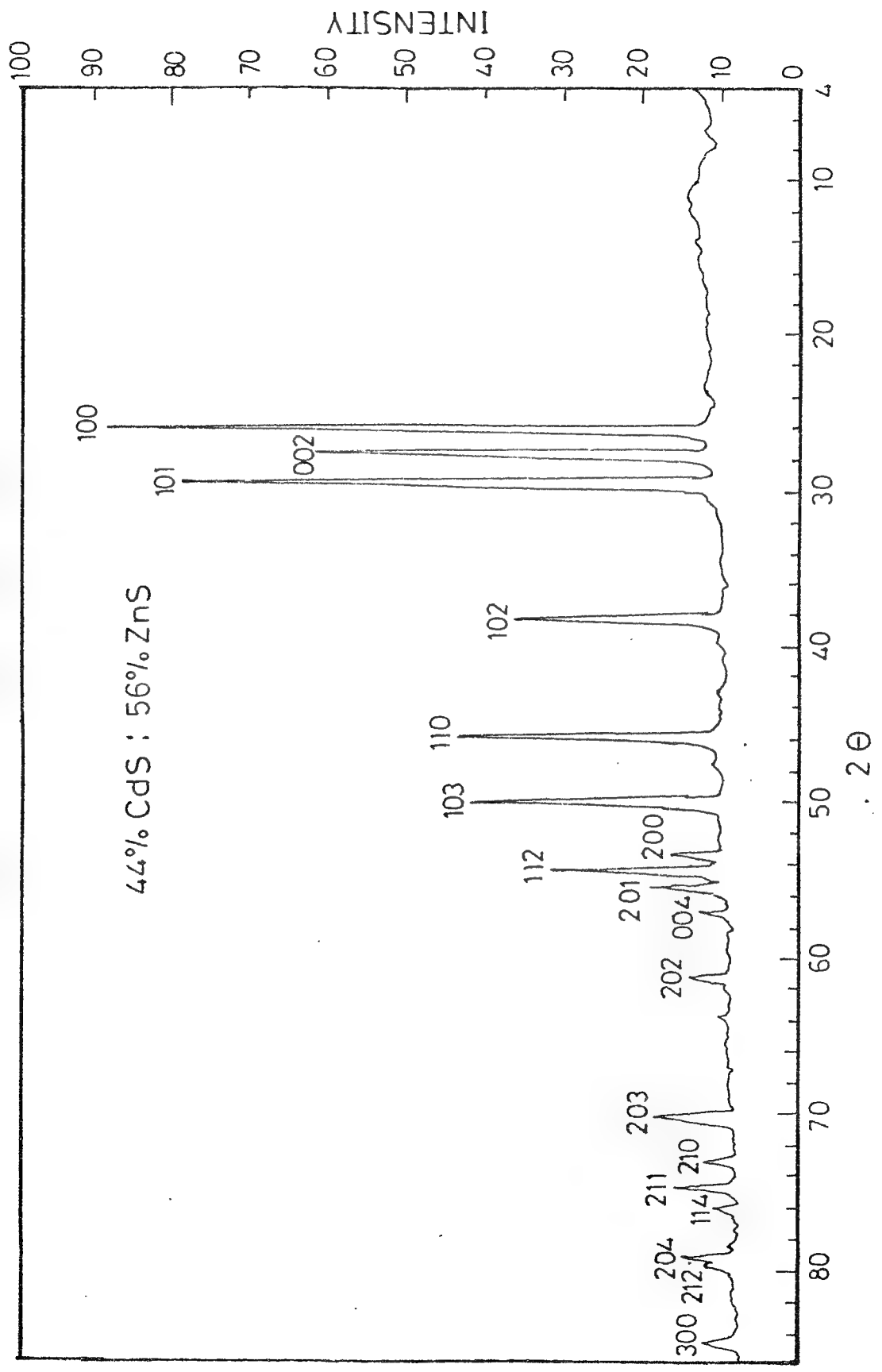
نموذج الحبيبات السينية لكريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بالفضة



نموذج الحبيبات السينية لكبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بالفضة

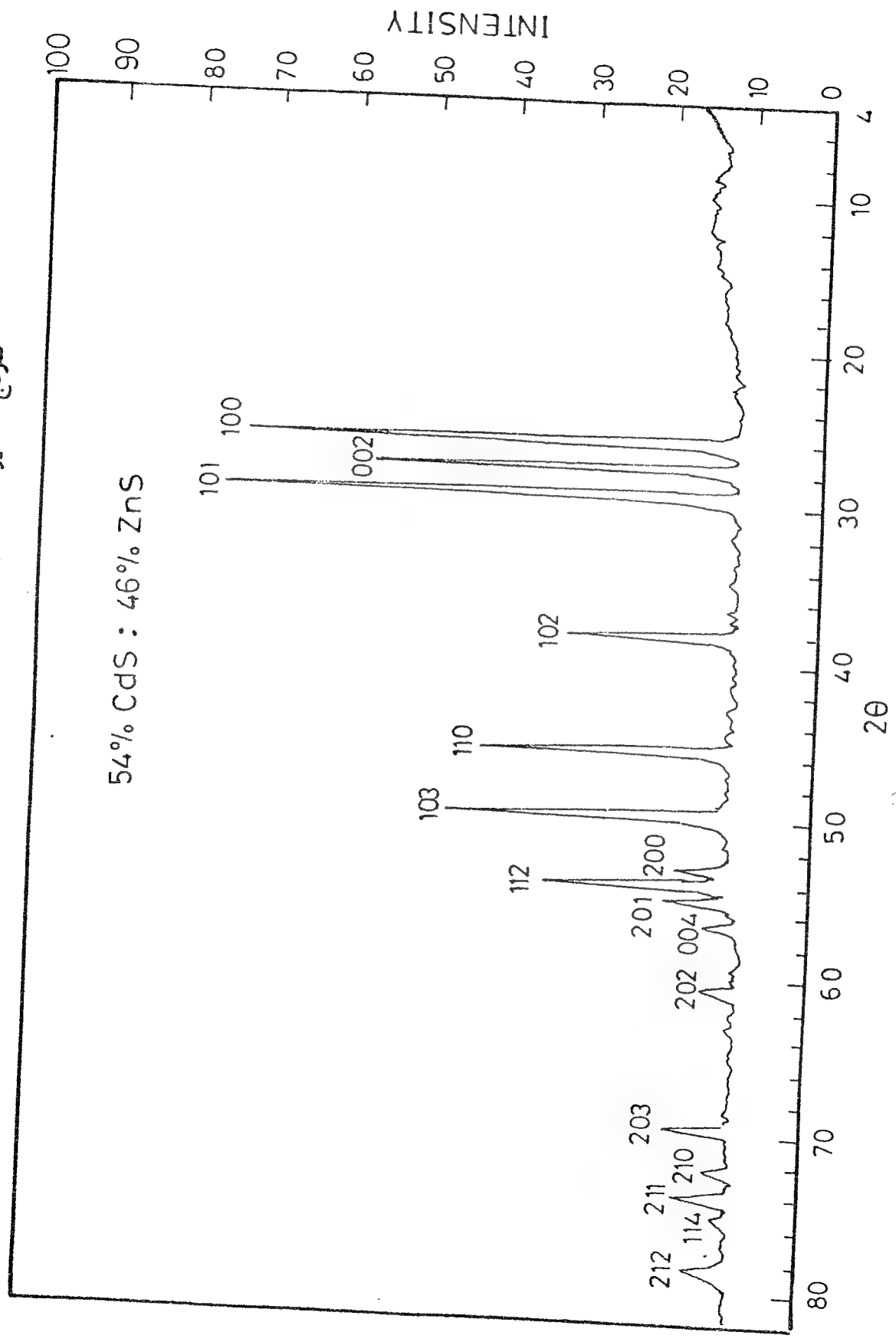


شکل (٤ - ٤)
نموذج الحبيود السيني لكبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بالفضة



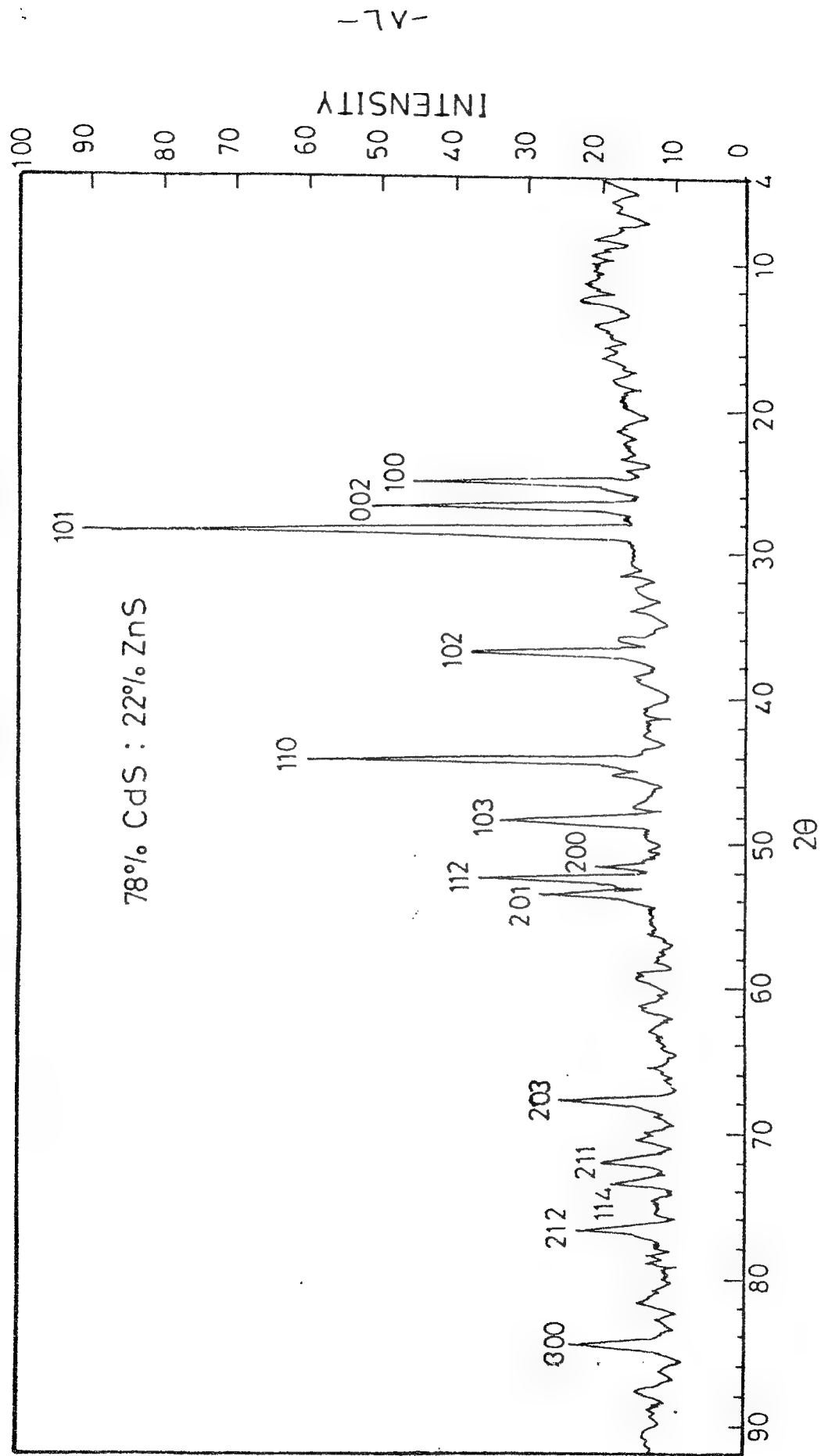
شكل (٤ - ٥)

نموذج الحيود السيني لكبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بالفضة

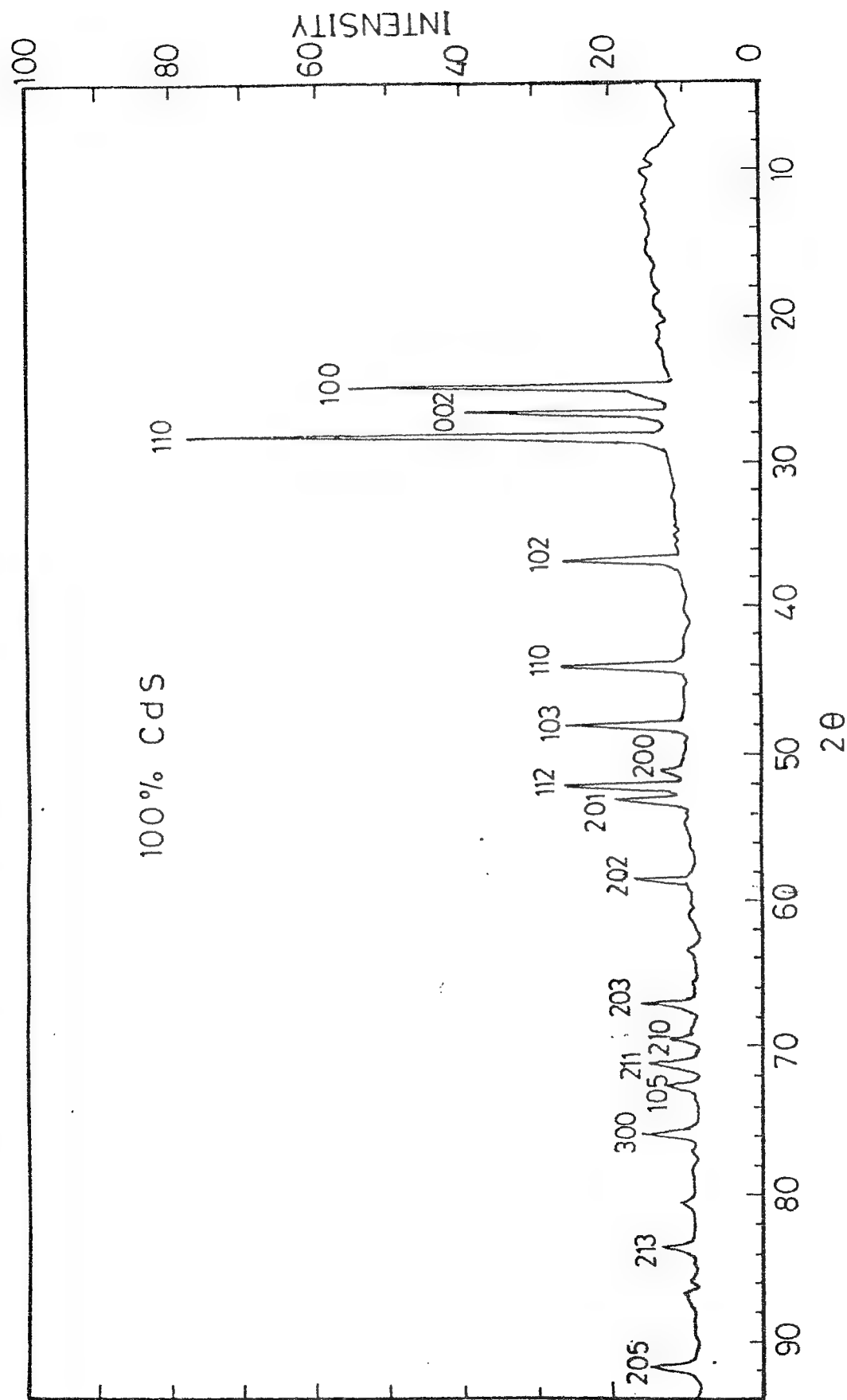


شكل (٤ - ٦)

نموذج الحبيود السيني لكبريتيدات الزنك والكادميوم المنشطة بالفضة

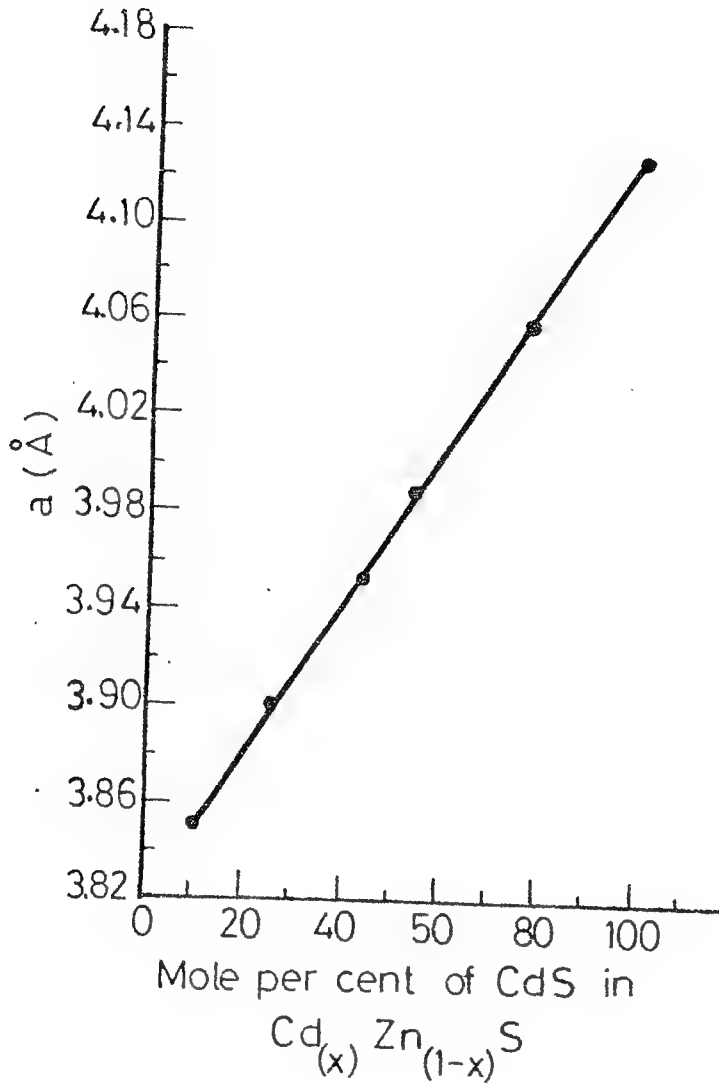


نموذج الحبيود السنيقي لكبريتيدات الكادميوم المنشط بالفضة



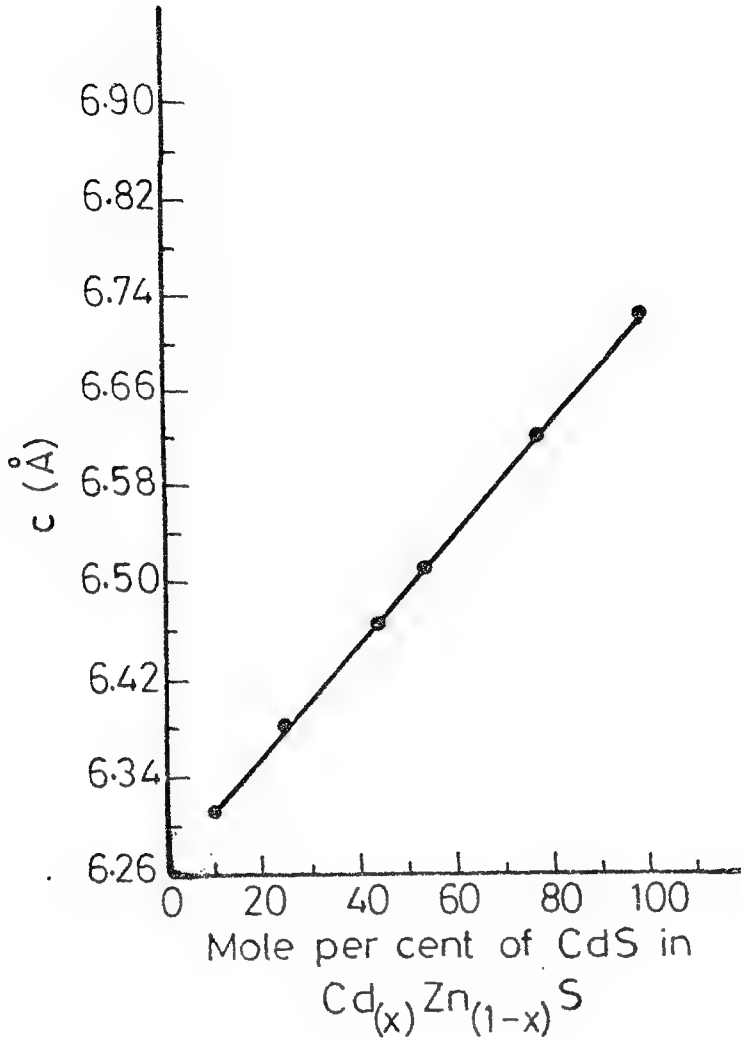
جدول رقم (٤ - ١) التركيبات البلورية التي أمكن التعرف عليها للمواد المستخدمة
والثوابت المرتبطة بهذه التركيبات

المسافة (٣) بين الأيوانات المعدنية	المسافة (٣) بين أيون الفلز وأيون اللافلز	النسبة $\frac{c}{a}$	الثابت الشبكي لوحدة الخلية c (Å)	الثابت الشبكي a (Å)	التركيب البلوري للمادة	تركيز شائب الفضة %	تركيز كل كب. %	تركيز زكب %	رقم المادة
٣,٨٢٤	٢,٣٤٢	—	—	٥,٤٠٨	تكميسي	٠,٠١	صفر	١٠٠	١
٣,٨٥٧	٢,٣٦٥	١,٦٣٨	٦,٣٠٦	٣,٨٥٠	سداسي	٠,٠١	١٠	٩٠	٢
٣,٩٠٤	٢,٣٩٣	١,٦٣٠٦	٦,٣٨٠	٣,٩٠٠	٤٤	٠,٠١	٢٥	٧٥	٣
٣,٩٥٦	٢,٤٢٣	١,٦٣٣	٦,٤٦٠	٣,٩٥٥	٤٤	٠,٠١	٤٤	٥٦	٤
٣,٩٨٧	٢,٤٤١	١,٦٣٢	٦,٥١٠	٣,٩٨٨	٤٤	٠,٠١	٥٤	٤٦	٥
٤,٠٥٦	٢,٤٨٣	١,٦٣٠	٦,٥٢٠	٤,٠٦٠	٤٤	٠,٠١	٧٨	٢٢	٦
٤,١٢٠	٢,٥٢	١,٦٢٧	٦,٧٢٠	٤,١٣٠	٤٤	٠,٠١	١٠٠	صفر	٧



شكل (٤ - ٨)

العلاقة بين ثابت الشبكة البلورية (a) وتركيز كبريتيد الكاديوم في المواد المستخدمة



شكل (٤ - ٩)

العلاقة بين ثابت الشبكة البلورية (c) وتركيز كبريتيد الكاديوم في المواد المستخدمة

وقد أظهر التحليل السيني أن بلورات مادة كبريتيد الزنك المنشط بشائب الفضـة
والتي تحتوى شبكتها البلورية على أية تركيزات من كبريتيد الكاديـم من النوع التكعيبي .

عندما قدرت قيمة الثابت الشبكي (a) لوحدة خلية هذا النظام تبين أنها تساوى
٥.٨٤ Å . وفى مثل هذا التركيب التكعيبي نجد أن كل ذرة من نوع معين تحاط بأربع ذرات
من النوع الآخر فى شكل هندسى من نوع رباعى السطح كما سبق وذكرنا فى الفصل الثانى .

وتبعد كل ذرة زنك عن ذرات الكبريت الأربعة الأقرب تجاورا لها بمسافة (r) تساوى
($\frac{1}{4} \sqrt{3} . a$) أى ٢.٣٤٢ Å . وهى تمثل المسافة بين ذرات الزنك وذرة الكبريت فى هذا
التركيب التكعيبي . تأتى بعد ذلك مجموعة مكونة من اثنى عشرة ذرة من نفس النوع (الزنك) تلى
المجموعة السابقة فى تجاورها القريب من ذرة الزنك الأصلية وتبعد عنها بمسافة (r) تساوى
($\frac{1}{2} \sqrt{2} . a$) أى (٣.٨٢٤ Å) ، وهى تمثل المسافة بين ذرتين من الزنك . ستة من
هذه الذرات موزعة على أركان مستوى سداسى الأوجه وفى نفس مستوى ذرة الزنك الأصلية
بينما تشكل الذرات الستة الباقية منشورا بلوريا مضادا لثلاثى الأوجه به ثلاث ذرات فوق
مستوى سداسى الأوجه السابق ، بينما تقع الذرات الثلاثة الأخرى تحت مستوى السداسى
الأوجه .

وعندما يدخل كبريتيد الكاديـم فى الشبكة البلورية الرئيسية لكبريتيد الزنك ولو بتركيزات
ضئيلة فإننا نحصل على شكل بلورى من النوع السداسى . ويظل هذا التركيب البلورى —
السداسى ثابتا دون تغير حتى بعد أن تصل نسبة تركيز كبريتيد الكاديـم فى المادة السـي
١٠٠ % . وفى هذا التركيب السداسى يوجد لدينا جزئان فى وحدة الخلية أى ذرتان معدنيتان
عند (٠ ، ٠ ، ٠) ، ($\frac{1}{2}$ ، $\frac{2}{3}$ ، $\frac{1}{3}$) كذلك ذرتان من الكبريت عند (٠ ، ٠ ، u) ، (٠ ، ٠ ، u)
و ($\frac{1}{2} + u$ ، $\frac{2}{3}$ ، $\frac{1}{3}$) حيث u تساوى تقريبا (3/8) .

وفي هذا النوع من التركيب البلورى نجد أن كل ذرة معدن ترتبط مع أربعة ذرات من الكبريت تقع تقريبا عند أركان شكل رباعى الواجه : واحد منها على مسافة (r) تساوى (uc) والثلاثة الباقية على مسافات تساوى كلا منها $\left[\frac{1}{3} a + c \left(u - \frac{1}{2} \right)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$ إلى ذلك المجموعة المكونة من اثنى عشرة ذرة ستة منها عند أركان السداسى الواجه فى نفس مستوى السذرة الاصلية وعلى مسافة تساوى الثابت الشبكى (a) لوحدة الخلية بينما تقع الست ذرات المتبقية على أركان منشور ثلاثى الواجه وعلى مسافات تساوى $\frac{1}{2} (\frac{1}{3} a^2 + \frac{1}{4} c^2)$ وقد قدرت قيم كل المسافات الفاصلة اما بين ذرتى المعدن والكبريت ، أو بين ذرتين من المعدن وأدرجت كل هذه القيم فى الجدول رقم (٤ - ١) السابق .

وبفحص نماذج الحيود التى حصلنا عليها كذلك النتائج التى أمكن باستخلاصها من هذه النماذج والموضحة فى الجدول من (٤ - ٢) الى (٤ - ٨) أمكن استخلاص الحقائق التالية والتى تختص أساسا بالعوامل التى تؤثر على التركيب البلورى للمواد المستخدمة فى البحث :-

(١) لوحظ أن قيمة الفاصل الشبكى الرئيسى (a) لخطوط الحيود والمحسوبة من نماذج الحيود العملية تزداد بزيادة كبريتيد الكادميوم فى الشبكة البلورية وقد تم تصنيف خطوط الحيود باستخدام قيم تقريبية للثوابت الشبكية a ، c ثم قررت هذه القيم لكى تطابق القيم المحسوبة للكمية $(1/a^2)$ مثيلا لها الموجودة فى بطاقات الجمعية الامريكية لاختبار المواد .

(٢) وجد أن كلا من الثابت الشبكى لوحدة الخلية a ، c يتزايد فى القيمة خطيا وبانتظام مع زيادة نسبة تركيز كبريتيد الكادميوم فى العينة . وهذا واضح تماما فى القيم المحسوبة فى الجدول (٤ - ١) . وعند تمثيل التغير الناشئ فى قيم الثابتين a ، c بتغيير تركيز كبريتيد الكادميوم بيانيا حصلنا على العلاقات الموضحة فى الشكلين (٤ - ٨) ، (٤ - ٩)

جدول رقم (٢-٤) : بيانات تحليلية لنموذج
الحيود السيني المبين في شكل (١-٤)

$d \text{ (Å)}^{\circ}$ observed	h k l	I/I_0	
3.1249	1 1 1	100	
2.7040	2 0 0	20	
1.9110	2 2 0	66	(100 % ZnS)
1.6326	3 1 1	43	Cubic System
1.5632	2 2 2	6	
1.3523	4 0 0	14	
1.2409	3 3 1	17	
1.2097	4 2 0	6	
1.1044	4 2 2	20	

جدول رقم (٣-٤) : بيانات تحليلية لنموذج الحيسود
السينى المبين فى شكل (٢-٤)

$d(\text{\AA})$ observed	h k l	I/I _o	
3.3240	1 0 0	92	
3.1400	0 0 2	76	
2.9400	1 0 1	100	
2.2850	1 0 2	43	
1.9220	1 1 0	60	(90 % ZnS : 10 % Cds)
1.7760	1 0 3	59	Hexagonal System
1.6630	2 0 0	14	
1.6420	1 1 2	44	
1.6120	2 0 1	16	
1.5730	0 0 4	6	
1.4720	2 0 2	11	
1.3060	2 0 3	21	
1.2600	2 1 0	9	
1.2350	2 1 1	12	
1.2190	1 1 4	7	
1.1780	2 0 4	15	
1.1696	2 1 2	9	

جدول رقم (٤-٤) : بيانات تحليلية لنموذج الحبيـود
السيني المبين في شكل (٤-٣)

$d \text{ (Å)}$ observed	h k l	I/I_0	
3.3857	1 0 0	90	
3.1839	0 0 2	63	
2.9857	1 0 1	100	
2.3132	1 0 2	48	
1.9513	1 1 0	68	
1.7990	1 0 3	62	(75% ZnS : 25% CdS)
1.6879	2 0 0	15	
1.6625	1 1 2	46	Hexagonal System
1.6247	2 0 1	26	
1.4890	2 0 2	12	
1.3200	2 0 3	22	
1.2740	2 1 0	9	
1.2483	2 1 1	13	
1.1909	2 1 2	18	
1.1358	3 0 0	14	

جدول رقم (٤-٥) : بيانات تحليلية لنموذج الحبيـود
السينى المبين فى شكل (٤٤)

$d \text{ (}\overset{\circ}{\text{A}}\text{)}$ observed	h k l	I/I ₀	
3.424	1 0 0	100	
3.229	0 0 2	67	
3.025	1 0 1	87	
2.345	1 0 2	37	
1.979	1 1 0	46	
1.823	1 0 3	44	
1.716	2 0 0	13	(56 % ZnS : 44% CdS)
1.685	1 1 2	31	
1.657	2 0 1	15	Hexagonal System
1.614	0 0 4	9	
1.513	2 0 2	9	
1.341	2 0 3	25	
1.298	2 1 0	8	
1.271	2 1 1	10	
1.251	1 1 4	7	
1.210	2 1 2	10	
1.143	3 0 0	8	

جدول رقم (٦-٤) : بيانات تحليلية لنموذج الحيسود
السيني المبين في شكل رقم (٥-٤)

$d \text{ (Å)}$ observed	$h \ k \ l$	I/I_0	
3.450	1 0 0	69	
3.241	0 0 2	73	
3.046	1 0 1	100	
2.360	1 0 2	38	
1.994	1 1 0	53	
1.836	1 0 3	59	
1.726	2 0 0	17	
1.700	1 1 2	41	(46% ZnS : 54% CdS)
1.667	2 0 1	18	
1.623	0 0 4	11	Hexagonal System
1.527	2 0 2	12	
1.350	2 0 3	16	
1.307	2 1 1 0	11	
1.283	2 1 1	16	
1.217	2 1 2	13	

جدول رقم (٧-٤) : بيانات تحليلية لنموذج الحيود
السيني المبين في شكل (٤ - ٦)

$d \text{ (}\overset{\circ}{\text{A}}\text{)}$ observed	h k l	I/I_0	
3.5530	1 0 0	44	
3.3310	0 0 2	51	
3.1400	1 0 1	100	(22% ZnS : 78% CdS)
2.4050	1 0 2	34	
2.0470	1 1 0	62	Hexagonal System
1.8790	1 0 3	29	
1.7700	2 0 0	13	
1.7420	1 1 2	33	
1.7110	2 0 1	23	
1.3830	2 0 3	20	
1.3100	2 1 1	12	
1.2890	1 1 4	9	
1.2440	2 1 2	17	
1.1450	3 0 0	18	

جدول رقم (٨٤) : بيانات تحليلية لنموذج الحبيود
السيني المبين في شكل (٧٤)

$d (\text{\AA})$ observed	h k l	I/I_0	
3.5728	1 0 0	69	
3.3482	0 0 2	48	
3.1508	1 0 1	100	
2.4441	1 0 2	30	
2.0562	1 1 0	30	
1.8937	1 0 3	29	(22% ZnS : 78 CdS)
1.8092	2 0 0	12	
1.7571	1 1 2	29	Hexagonal System
1.7262	2 0 1	20	
1.5764	2 0 2	16	
1.3955	2 0 3	14	
1.3513	2 1 0	10	
1.3241	2 1 1	14	
1.2525	1 0 5	16	
1.1921	3 0 0	9	
1.1567	2 1 3	10	
1.0735	2 0 5	11	